SIEMENS

Herbst 2003

# Pictures of the Future

DIE ZEITSCHRIFT FÜR FORSCHUNG UND INNOVATION

20XX



LOGISTIK | *Die Waren-Jongleure*

LICHT & DISPLAYS | *Vor der Licht-Revolution*

USABILITY | *Technik leicht gemacht*

# Erst die Anwendung gibt der Innovation ihre Bedeutung



**Dr. Klaus Kleinfeld ist Mitglied des Vorstands der Siemens AG sowie Präsident und CEO der Siemens Corporation, USA**

Siemens generiert drei Viertel seiner Umsätze mit Produkten, die seit weniger als fünf Jahren auf dem Markt sind. Was schließen wir daraus? Vor allem, dass Innovationen für unseren Unternehmenserfolg entscheidend sind – aber nur, wenn sie sich auch in eine Anwendung umsetzen lassen. Doch keine potenzielle Anwendung wird je das Licht der Welt erblicken, wenn sie nicht das Geschäft der Kunden stärkt. Dazu muss sie dem Kunden entweder mehr Leistung bieten, sein Geschäft ausweiten oder seine Kosten senken. Nur dafür ist man bereit, Geld auszugeben. Siemens ist zwar ein Technologie-Konzern, aber unsere primäre Aufgabe besteht nicht darin, neue Technologien zu entwickeln. Nein, wir beschäftigen uns mit der effektiven Lösung von Problemen unserer Kunden; dafür setzen wir unser technologisches Know-how ein.

Ein gutes Beispiel ist unser Vertrag mit dem U.S. Postal Service (Seite 20) über das automatische Nachsendesystem PARS. Hier geht es darum, eine von uns neu entwickelte Technologie für Briefsortieranlagen einzusetzen, mit deren Hilfe die amerikanische Post Millionen von Arbeitsstunden und bis zu 420 Millionen Dollar pro Jahr einsparen kann. Zugleich wird die Beförderungsdauer für falsch adressierte Briefe von Tagen auf Stunden reduziert. Da sich unsere Vergütung nach den erzielten Einsparungen richtet, konnte uns der Auftrag erteilt werden, obwohl zunächst kein Budget zur Verfügung stand.

Natürlich gibt es die unterschiedlichsten Innovationen. Da sind solche wie die durchgängige Automatisierung in der Fertigung oder das vollständig digitale Krankenhaus, die ganze Industriezweige revolutionieren. Und dann gibt es andere, die eher unscheinbar wirken – wie etwa ein neues Handy-Design – und die trotzdem wirtschaftlich extrem wichtig sind. Kurzum, erst die Anwendung gibt einer Innovation ihre Bedeutung.

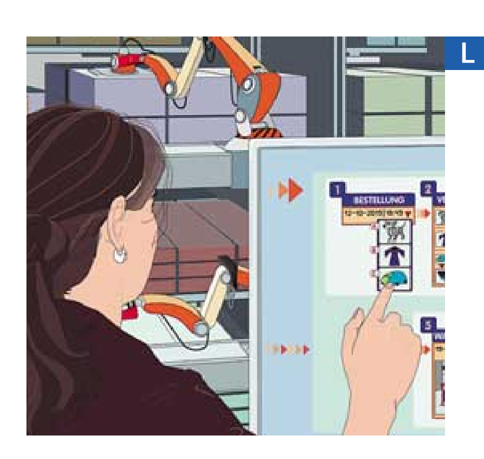
Um auf neue Ideen zu kommen, ist sicherlich die enge Zusammenarbeit mit externen Partnern ein sinnvoller Weg. Siemens hat Kooperationen mit vielen der besten Universitäten der Welt. Wie unser Bericht über die Zusammenarbeit von Siemens Corporate Research in Princeton mit US-Universitäten zeigt (Seite 30), profitieren davon alle Beteiligten: die Studenten, die Universitäten und unsere Geschäftsbereiche.

Dennoch: So bahnbrechend eine Innovation auch sein mag, sie muss vermutlich noch über Jahre hinaus mit existierenden Technologien konkurrieren. Denn diese sterben nicht einfach aus, sondern sie bringen ihrerseits wieder Innovationen hervor. Ein Beispiel: Die Vorteile, die Leuchtdioden (Seite 38) und leuchtende Kunststoffe (Seite 45) heute und in Zukunft bieten können, sind sicherlich beeindruckend, doch auch die konventionellen Beleuchtungstechnologien werden immer besser (Seite 35).

Wie der Titel dieser Zeitschrift „Pictures of the Future" sagt, sollte Forschung auf den Bildern basieren, die wir uns von der Zukunft machen. Sie muss eine Vision haben, in welche Richtung sich die Märkte und Technologien entwickeln. Doch eine solche Vision ist nur dann von Wert, wenn sie auf soliden Fundamenten steht. Als Disneyworld eröffnet worden war, soll ein Journalist zu einem Verwandten von Walt Disney gesagt haben, wie schön es doch gewesen wäre, wenn der Schöpfer von Bambi und Mickey Mouse die Eröffnung mit eigenen Augen hätte sehen können. Worauf der Verwandte entgegnete: Aber er hat es doch gesehen. Deshalb gibt es Disneyworld heute. Walt Disney kannte die Wünsche seiner Kunden – und auch wir müssen die der unseren kennen.

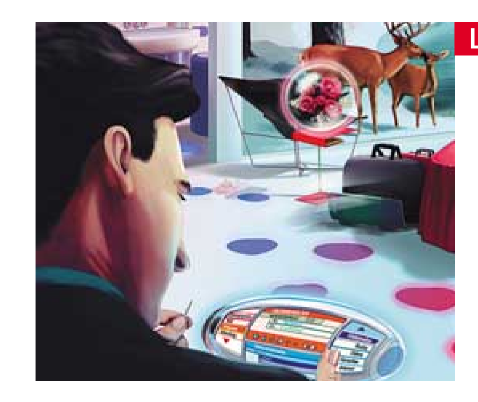






## LOGISTIK — Die Waren-Jongleure





## LICHT & DISPLAYS — Vor der Licht-Revolution





## BENUTZERFREUNDLICHKEIT — Technik leicht gemacht



**Titelseite oben rechts: Ein Kranz von Leuchtdioden und ein Mini-Display aus leuchtenden Kunststoffen – diese Innovationen eröffnen der Beleuchtungs- und Display-Industrie eine glänzende Zukunft. Unten links: Im Warenlager von morgen packen selbstständig agierende Roboter Kartons auf Paletten – besser, als es ein Mensch kann.**

## PICTURES OF THE FUTURE — Rubriken

# Lokführer erleben die perfekte Illusion

**Auf den Gleisen des vereinten Europas** muss noch heute an den Staatsgrenzen wegen unterschiedlicher Standards die Lokomotive ausgewechselt werden – und der Fahrer gleich mit. Für die geplanten europaweiten Hochgeschwindigkeits-Trassen ist das ein inakzeptables Szenario. Deshalb haben Europas Zughersteller in dem durch die EU geförderten Projekt „European Driver`s Desk" (EUDD) den Prototypen eines einheitlichen Führerpultes für den grenzüberschreitenden Zugverkehr gebaut. Aus Sicherheits- und Kostengründen kommen aber Testfahrten auf einer echten Lokomotive nicht in Frage. Das Konsortium entwickelte daher einen Demonstrator für Probefahrten. Siemens stellte die Leittechnik und



Virtueller Bahnübergang im Siemens-Labor: Die Lokführer erleben dank der großen Videoleinwand und der passenden Geräuschkulisse die perfekte Illusion des Fahrens.

programmierte das Modell zweier Strecken im Computer. Fast 40 Lokführer aus sechs Ländern testeten im Sommer 2003 den Führerstand der Zukunft im Virtual-Reality-Labor von Siemens in München. Der Versuchsaufbau bot dafür die perfekte Illusion: Signal auf Grün, Hebel auf Beschleunigung und schon zog die Landschaft vorbei. Bahnhöfe, Signalanlagen, Strommasten, Berge und Bäume – alles war mit großer Liebe zum Detail abgebildet. Drei Videoprojektoren warfen das Bild auf eine 180-Grad-Leinwand. Sogar die Geräusche waren von echten Lokomotiven. Das Highlight war eine 80 Kilometer lange Strecke durch die Tauernregion der österreichischen Alpen. Dabei fuhren die Lokführer einen 650 Tonnen schweren Güterzug oder einen Triebzug. Während jeder Fahrt wurde das Verhalten der Lokführer beobachtet und zusammen mit ihren Verbesserungsvorschlägen für die Anordnung von Anzeigeelementen, Hebeln oder Schaltern ausgewertet. *na*

# Leuchtzwerg in Handy-Kamera

**Besonders leuchtstarke** weiße Leuchtdioden (LEDs) können jetzt als Blitzlampen in Handy-Kameras eingesetzt werden. Mit einem eingebauten Reflektor leuchtet etwa eine LED der Osram-Tochter Osram Opto Semiconductors die Umgebung in zwei Meter Umkreis gleichmäßig aus. Die geringe Bautiefe von zwei Millimetern ermöglicht eine Integration selbst in kleinste Mobiltelefone. Im Übrigen übertrifft die Lebensdauer der LED die der meisten Handys bei weitem. Ein weiterer Pluspunkt: Da die Diode im Gegensatz zu normalen Entladungslampen keine Aufladezeit benötigt, ist der Blitz endlich so schnell einsatzbereit, wie der Name verspricht. Anstelle der weißen LED können auch



LED als Blitzlicht: Zwei Meter Ausleuchtung für neue Handy-Kameras

vielfarbige LEDs eingesetzt werden, was etwa Schnappschüsse mit einer kolorierten Sonnenuntergangsstimmung ermöglicht. Ein weiteres Beispiel für die Vielfältigkeit der Leuchtzwerge: Osram bietet auch zwei Taschenleuchten mit weißen LEDs im Mini-Format an. Mit den LED-Vorteilen der geringen Größe, der langen Lebensdauer und dem extrem niedrigen Energieverbrauch können herkömmliche Taschenlampenbirnen nicht mithalten. *na*

# Spannende Ölreinigung



Revolutionäre Technik: Das mit dem ISOPur-Verfahren gereinigte Öl (rechts) kann extrem lange verwendet werden.

**Mit elektrischer Spannung** funktioniert ein neues Reinigungssystem für industrielle Öle. Das Verfahren der Siemens-Tochter Mechanik Center Erlangen und des US-Unternehmens ISOPur Fluid Technologies macht Öl so sauber, dass es im Gegensatz zu anderen Methoden über einen extrem langen Zeitraum wiederverwendet werden kann. Öle in Dampfturbinen, Hydrauliksystemen oder Dieselmotoren verschmutzen durch Gummiabrieb, eindringendes Wasser, Pilze oder Bakterien. Das ISOPur-Verfahren basiert auf der so genannten elektronischen Flüssigkeitsdialyse. Dabei wird das Öl in zwei gleich große Mengen geteilt und über eine positive beziehungsweise negative Elektrode geleitet. Alle Fremdpartikel im Öl werden dadurch entweder positiv oder negativ aufgeladen. Danach werden die Teilvolumina des Öls wieder vereint, wobei sich die unterschiedlich polarisierten Teilchen anziehen und miteinander zu größeren Partikeln verklumpen. Diese können danach leicht abgesondert werden. Die ISOPur-Technik entfernt Fremdkörper bis unter 0,1 Mikrometer – also sogar Bakterien. Herkömmliche Filter verstopfen schnell, und Partikelchen wie etwa Pilzsporen werden gar nicht abgetrennt. *na*

# Sensor schützt Fußgänger

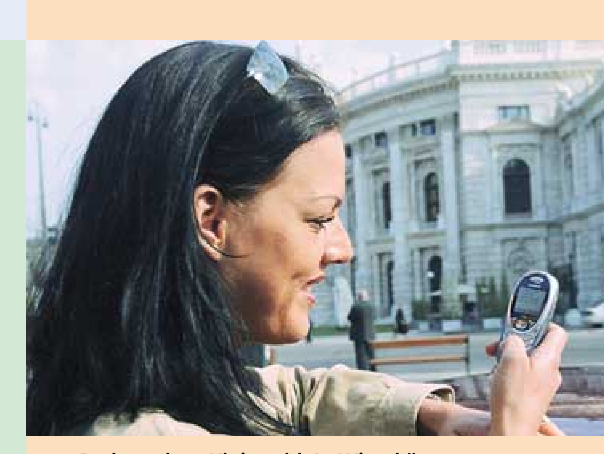
**Forscher von Restraint Systems,** einer Tochter von Siemens VDO, haben einen Sensor entwickelt, der helfen kann, den Aufprall eines Fußgängers auf die Motorhaube eines Autos abzumildern. Das Schutzsystem, das im September 2003 auf der Internationalen Automobilausstellung in Frankfurt vorgestellt wurde, soll bei einem Zusammenstoß in Sekundenbruchteilen die Motorhaube anheben und so eine nachgiebige Knautschzone schaffen, damit der Kopf im Idealfall nicht mit dem harten Motorblock in Berührung kommt. Der Sensor im vorderen Stoßfänger besteht aus Lichtwellenleitern, die außen mit einer speziellen Schicht verspiegelt sind. An mehreren Stellen ist die Beschichtung offen, so dass etwas Licht austritt. Wenn der Leiter bei einem Unfall geringfügig verbogen wird, ändert sich die Menge des austretenden Lichts. Eine ausgeklügelte Elektronik errechnet daraus innerhalb von drei Millisekunden ein ganzes Bündel an Daten: die erwartete Verformung, die Geschwindigkeit, den Aufprallort, das Gewicht und sogar die Größe des Unfallgegners. Die Schutzvorrichtung wird dann angepasst an die Unfallsituation ähnlich schnell wie ein Airbag aktiviert. *na*



Angehobene Motorhaube als Knautschzone: Der Sensor kann Aufprallort, Gewicht und Größe des Unfallopfers messen und zwischen Kleinkind, Radfahrer und Laternenmast unterscheiden.

# Parkticket per Telefon

**In ganz Wien** können Autofahrer ihre Parktickets jetzt über das Handy lösen. M-Parking, das von Siemens und Mobilkom Austria entwickelt wurde, ist einfach und steht allen offen. Die Nutzer hinterlegen im Internet unter www.m-parking.at Handynummer und Pkw-Kennzeichen und bezahlen über die Kreditkarte eine bestimmte Stundenanzahl im Voraus. Wer seinen Wagen in einer der Wiener Kurzparkzonen abstellen will, muss noch eine SMS mit der gewünschten Parkdauer an eine Servicenummer senden. Wenige Sekunden später erhält der Kunde, ebenfalls per SMS, eine Bestätigung seines elektronischen Parktickets. Besonders praktisch: Zehn Minuten vor Ablauf der bezahlten Parkzeit erhält der Nutzer eine Warnung. Wer sich beim Einkaufsbummel verzettelt hat, muss nicht erst



Parken ohne Kleingeld: In Wien können Autofahrer per Handy ihre Gebühren bezahlen. Die Bestätigung kommt per SMS.

zu seinem Auto zurückhetzen, sondern kann sein Ticket bequem vom Café aus verlängern. Zur Kontrolle der virtuellen Tickets haben die Verkehrsüberwacher Westentaschencomputer (PDA) mit dem Kommunikationsstandard GPRS. Nach Eingabe des Pkw-Kennzeichens prüft das System blitzschnell bei der Zentrale, ob für den Wagen ein Ticket ausgestellt wurde. Falls nicht, spuckt der PDA über einen eingebauten Mini-Drucker sofort das Strafmandat aus. *na*

# LOGISTIK HIGHLIGHTS



**2015**

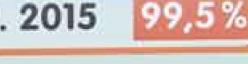
**Der Computer bearbeitet mit Hilfe von Software-Agenten die eingehenden Bestellungen und leitet die Daten an Zulieferer und Arbeitsroboter weiter. Das Warenlager der Zukunft ist hoch automatisiert: Roboter nehmen die Produkte aus den Hochregalen, verpacken sie und übernehmen mitunter auch die Endmontage. An der Ware angebrachte Funketiketten sorgen für die lückenlose Ortung und Verfolgung jeder Liefereinheit – bis zum Kunden.**



# Waren im Fluss

Eine durchgängige elektronische Vernetzung, automatisierte Warenlager, die lückenlose Verfolgung von Waren vom Bestelleingang bis zur Auslieferung – im Jahr 2015 wird die Logistikkette weitgehend optimiert sein.

Am späten Nachmittag des 15. Oktobers 2015 in einem Versandhaus. Die Geschäftsführerin Susan verlässt ihr Büro und macht sich auf den Weg ins Warenlager. „Nur wer die Prozesse von Grund auf kennt, kann sie verbessern", ist ihr Motto. Heute möchte sie sich mit Mitarbeitern unterhalten, Lagerluft schnuppern und die Qualität der Logistikkette kontrollieren. Die Zeiten, in denen die Arbeiter über Rückenschmerzen klagten, sind zum Glück vorbei. Noch vor wenigen Jahren muss-





















ten sie jeden Tag Tonnen schwerer Kartons stapeln. In Susans Warenlager ist dies nun komplett automatisiert. Roboter stellen die Paletten zusammen, arbeiten ohne Pause und packen die Paletten auch noch platzsparender, als es menschliche Arbeiter schaffen.

Das Hochregallager funktioniert ebenfalls vollautomatisch. Auf den verschiedenen Ebenen sausen Roboter auf Schienen von einer Lagerbox zur nächsten und legen die Waren aufs Fließband, das sie direkt zur Verpackungsmaschine oder erst in den Montagebereich transportiert. Heute erwartet der Kunde mehr Produkte nach Maß denn je, vom persönlichen Handydesign bis zum Maßanzug. Auch hinsichtlich der Lieferzeiten ist er verwöhnt und wünscht, dass seine Bestellung spätestens nach drei Tagen bei ihm eintrifft.

Inzwischen kann Susans Unternehmen in Sachen Logistik locker mit dem großen Vorbild Automobilindustrie mithalten. So erreicht ihr Versandhaus eine Liefertreue von über 99 Prozent. Susan blickt auf den großen, neu angeschafften OLED-Flachbildschirm, der den Prozess vom Eingang der Bestellung bis zum Eintreffen der Ware beim Kunden abbildet. „Prima, heute haben wir sogar eine Liefertreue von 99,5 Prozent erzielt", lobt sie ihre Mitarbeiter. „Aber sicher kann man auch das noch steigern", sagt sie lächelnd. „Schauen wir uns mal eine Lieferung im Detail an."

Ein Klick und sie ruft eine am 12. Oktober um 18:45 Uhr eingegangene Bestellung auf: „Spielzeug Roboterhund, dunkelblaues Designerkleid und Haushaltsroboter". Eine Minute später meldete der Rechner die Verfügbarkeiten. Während der Hund auf Lager war, musste das Kleid bei einem Zulieferer maßgeschneidert werden und traf zwei Tage später ein. Zwar bevorzugen es viele Kunden immer noch, in Modegeschäften herumzustöbern. Doch im Gegensatz zu früher verfügen die Läden nur über ein einziges Ansichtsexemplar in jeder Größe. Wenn das Kleidungsstück gefällt, wird der Kunde optisch vermessen und das Modell maßgeschneidert. Ziel auch hier: eine Lieferzeit unter drei Tagen.

Versandhäuser im Jahr 2015 besitzen nicht nur riesige Warenlager, sondern übernehmen oft auch die Montage, etwa von Haushaltsrobotern. In der überprüften Bestellung wählte der Kunde ein Gerät mit Navigationssystem und den Funktionen Staubsaugen und Fensterputzen. Der Rechner fragte die Zulieferer, wann die Roboter-Einzelteile eintreffen würden und berechnete den Endpunkt der Montage: „15. Oktober, 10:13 Uhr".

„Sehen Sie mal hier bei Station 4. Warum brauchen wir 20 Minuten, um die Ware zu verpacken?", fragt Susan den Projektleiter. „Und bis Station 5, also bis zum Warenausgang, sind weitere 20 Minuten vergangen. Wieso dauert das so lange?" Der Projektleiter erklärt, dass der Lastwagen bis unters Dach beladen worden sei. Die Software-Agenten hätten errechnet, dass es kostengünstiger sei, wenn der Lkw mehrere Zielorte ansteuere. Den optimalen Weg lieferte der Routenplaner. „Dementsprechend mehr Paletten sind aufgeladen worden, daher die längere Zeitdauer". Susan nickt. Sie weiß, dass sich am Warenausgang zwei Schleusen befinden, die jedes Produkt erfassen, das das Lager verlässt oder hereinkommt. Somit lässt sich der Bestand jederzeit abrufen. Möglich machen die Echtzeit-Inventur kleine Funketiketten an den Produkten.

Susan gehörte zu den ersten Geschäftsführern, die vor über zehn Jahren Barcodes durch intelligente Funketiketten ersetzten. Seitdem verzeichnet das Versandhaus einen Lagerschwund von nahezu Null. Auch lässt sich via Satellit die aktuelle Position der Lkw feststellen und die Ware lückenlos verfolgen. Vor sieben Jahren wechselte sie dafür von GPS zu GALILEO, da dieses europäische Satellitensystem die Dienste günstiger anbot. Ein kurzer Blick auf Station 7, die Zustellung der Waren. Da niemand zu Hause war, deponierte der Postbote die Pakete in der Home Delivery Box, einer Art großer Briefkasten, der in die Hauswand eingebaut ist. „Sehr gut. Nach kaum 66 Stunden sind der Roboterhund, das Kleid und auch der Reinigungsroboter beim Kunden eingetroffen", sagt Susan, die das natürlich alles schon wusste, weil ihre Box ihr um 12:35 Uhr die Nachricht aufs Handy geschickt hatte, dass ihre drei Pakete angekommen sind. Gerade rechtzeitig, da Susan heute Abend endlich mal wieder ins Theater gehen möchte. Das blaue Designerkleid kam da – wie sie gehofft und erwartet hatte – „just in time".

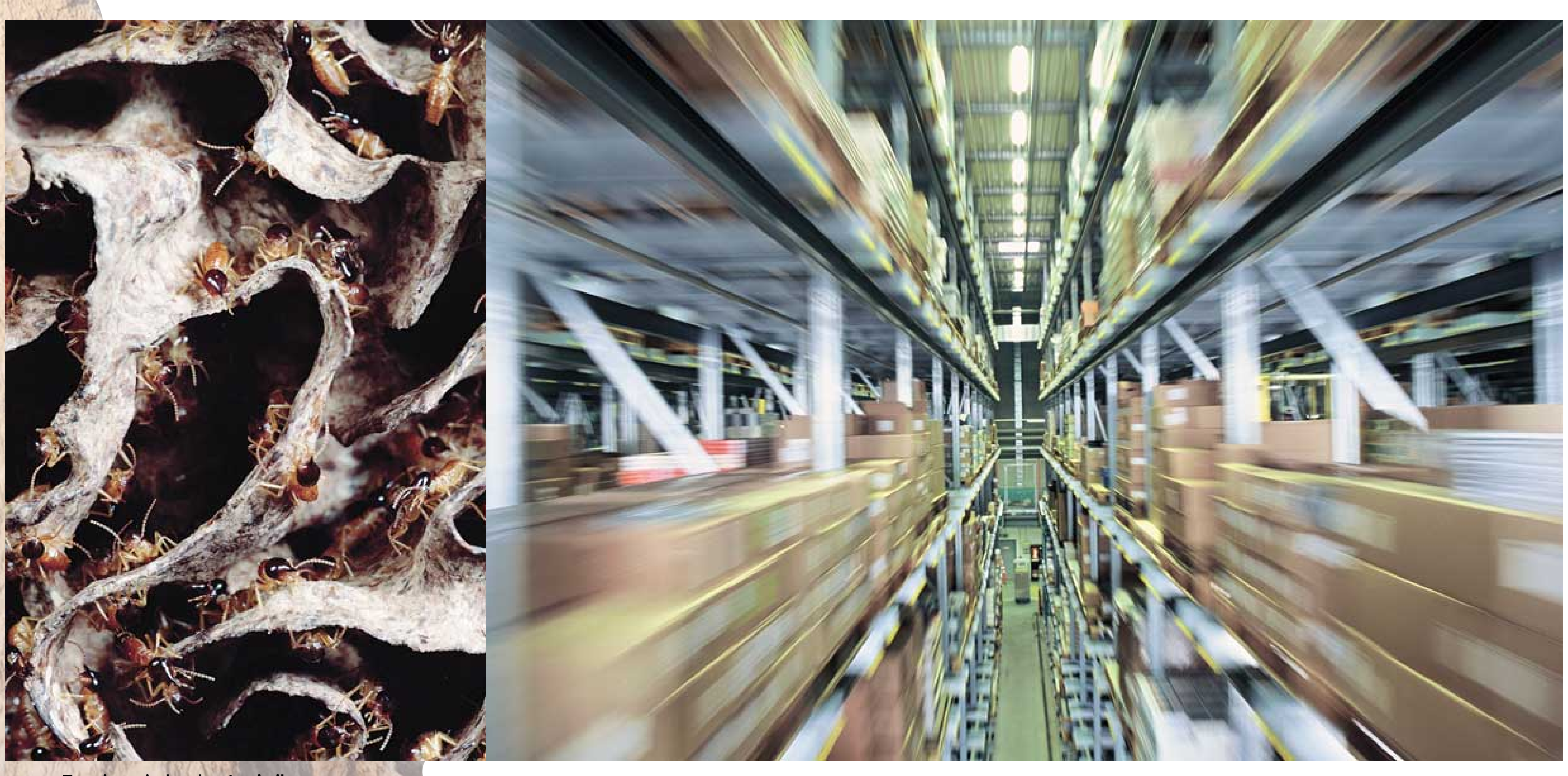
*Ulrike Zechbauer*





# Termiten als Vorbild

**Im Zeitalter der Globalisierung ist es für weltweit tätige Unternehmen eine echte Herausforderung, ihren gesamten Waren- und Informationsfluss zu koordinieren. Eine optimal organisierte Logistik wird mehr und mehr zur Überlebensfrage.**

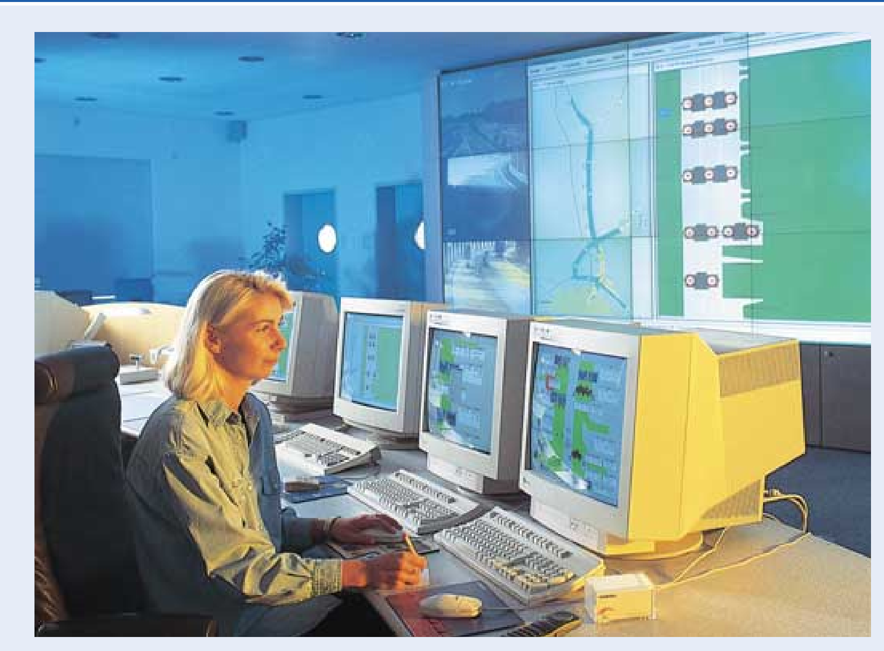


**Termiten sind wahre Logistikkünstler: Die nur wenige Millimeter großen Insekten errichten gemeinsam bis zu sieben Meter hohe Hügel. Auch Unternehmen – rechts das Warenlager des Weltbildverlags in Augsburg – können sich mit einer ausgefeilten Logistikkette immense Wettbewerbsvorteile verschaffen.**

Es ist schon eine Meisterleistung, die reibungslose Versorgung einer zwei Millionen Einwohner zählenden Metropole zu organisieren. An ein Wunder aber grenzt es, dass die Bewohner dabei ein Bauwerk errichtet haben, das sie um das Zweitausendfache überragt. Die Rede ist von den afrikanischen Termiten Macrotermes, die in ihren bis zu sieben Meter hohen Bauten die afrikanische Savanne bevölkern. Das Geheimnis ihres Erfolges ist ein perfekt organisierter Warenstrom – störungsfrei fließt der Nachschub über das weit verzweigte Netz an Verkehrsadern. Offensichtlich befindet sich jede Termite immer zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort, um eine Lieferung in Empfang zu nehmen und ans endgültige Ziel zu bringen. Und alle sind hoch motiviert, ihre Päckchen zu tragen.

**Automobilbranche als Trendsetter.** Von solchen Verhältnissen können heutige Logistiker angesichts stark belasteter Verkehrswege und häufig unterbrochener Warenströme – etwa durch Verzögerungen an Umschlagplätzen – nur träumen. Trotzdem müssen sie dafür sorgen, dass allein in Deutschland täglich rund zehn Millionen Tonnen Güter per Lkw, Bahn, Schiff oder Flugzeug pünktlich von A nach B transportiert werden (siehe Kasten S. 10). Dabei sind ihnen einige Superlative der Logistik geglückt, etwa bei der Montage eines modernen Pkw. So besteht ein BMW der 3er-Serie aus bis zu 15.000 Bauteilen und gleicht damit einem gigantischen Puzzle. Täglich verlassen etwa 850 Autos,

## Die Ware kommt nicht übers Internet



Wir machen den Weg frei: Blick in die mit Siemens-Technik eingerichtete Verkehrsleitzentrale im Norden Münchens für die Autobahn München-Nürnberg

**World Wide Wait:** Im Internet kann man zwar blitzschnell bestellen, aber auf die Lieferung muss man nicht selten lange warten, denn eines der Nadelöhre für Güterströme sind die begrenzten Straßenkapazitäten. Besonders in den Ballungsräumen der Industrieländer steht der Lkw mit der begehrten Lieferung immer häufiger im Stau. In Zukunft wird sich dieses Problem sogar noch verschärfen: Das Institut für Verkehrswissenschaft der Universität Köln kommt bis zum Jahr 2015 für Deutschland auf einen Zuwachs von knapp 23 Prozent im Personen- und rund 63 Prozent im Güterverkehr.

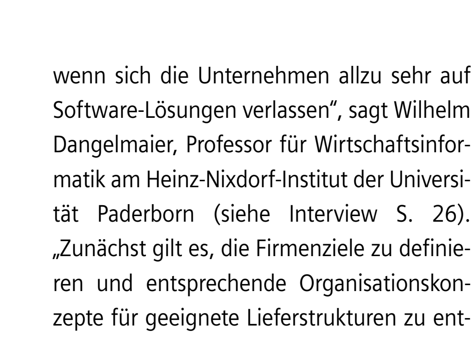
**Hoffnungsträger Telematiksysteme.** In Deutschland ist heute jeder sechste neu zugelassene Pkw mit einem Navigationssystem ausgerüstet. Davon beherrscht über die Hälfte die dynamische Routenführung auf Basis des TMC (Traffic Message Channel). Damit werden Staustrecken vom Navigationssystem frühzeitig erkannt und fließen in die Routenwahl ein. Zudem hat Siemens ein durchgängiges Systemkonzept unter der Marke SITRAFFIC entwickelt: Verkehrsbewegungen werden von Induktionsschleifen in der Straßenoberfläche oder über Infrarot- und Videodetektoren erfasst und per Mobilfunk an eine Zentrale übertragen. Dort werden die aktuellen Verkehrsdaten abgebildet und automatisch ausgewertet. Je nach Situation kann der Verkehr dann so beeinflusst werden, dass es möglichst zu keinen Behinderungen kommt. In Deutschland regeln Telematiksysteme, beispielsweise über die bekannten Verkehrsbeeinflussungs-Anlagen, den Verkehr auf rund 3200 Autobahnkilometern und in etlichen Straßentunnels. Dadurch wird die Umwelt geschont und schwere Unfälle werden laut Angaben des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen um bis zu 50 Prozent reduziert. Bei drohenden Staus werden Geschwindigkeitsbegrenzungen für einzelne Fahrspuren oder Überholverbote erlassen und auf großen programmierbaren Leuchttafeln, so genannten Wechselverkehrszeichen, angezeigt. Der aktuelle Verkehrsfluss lässt sich beispielsweise von Mess-Stationen wie dem „Traffic Eye" von Siemens erfassen. Dabei ermittelt ein Infrarot-Detektor für jede Fahrspur die Anzahl der Fahrzeuge, deren Geschwindigkeit und Tempounterschiede. Den nötigen Strom liefern Photovoltaikmodule, die Datenübertragung erfolgt per Funk. Ähnlich erfolgreich sind intelligente Systeme, die den innerstädtischen Verkehrsfluss automatisch erfassen, analysieren und über Ampeln regeln. So reduziert das System MOTION von Siemens, das seit 2001 in Graz, Österreich, erfolgreich im Einsatz ist, die mittlere Fahrzeit um mehr als 10 Prozent und den Schadstoffausstoß um 15 Prozent. Bei so genannten Floating-Car-Data-Systemen dienen die Fahrzeuge selbst als Verkehrssensoren: Ihre momentane Position wird über das bordeigene Navigationssystem ermittelt und zusammen mit der aktuellen Geschwindigkeit automatisch und anonym über Mobilfunkmodule an eine Zentrale übermittelt. Für die Modellierung der aktuellen und künftigen Verkehrsströme in Computerprogrammen reicht es aus, wenn zwischen ein und fünf Prozent aller Fahrzeuge an einem solchen System teilnehmen. Bereits eingetretene oder drohende Verkehrsstaus werden den einzelnen Fahrzeugnavigationssystemen wiederum per Mobilfunk mitgeteilt.

**Die Fahrzeugflotte immer im Blick.** So genannte Flottenmanagement-Systeme unterstützen Unternehmer bei der optimalen Steuerung und Disposition ihrer Fuhrparks. Siemens bietet etwa ein System – bestehend aus Onboard-Computer, Navigationssystem und Office-Software –, das die Kommunikation zwischen Fuhrparkmanager und den einzelnen Fahrern optimiert. Neue Aufträge oder Zieladressen können direkt per SMS ins Fahrzeug übertragen werden und dort auf Knopfdruck als Ziel in die Routenplanung des Navigationssystems übernommen werden. Umgekehrt kann der Fahrer über sein Navigationsterminal Mitteilungen an die Zentrale schicken, um beispielsweise erledigte Aufträge zu quittieren. Der Disponent im Büro kann seine Fahrzeuge permanent auf dem Bildschirm verfolgen; er kennt die errechnete Fahrtdauer und kann damit jedem Kunden zuverlässig die Ankunft der Lieferung avisieren. Mit Hilfe dieses Systems kann ein Unternehmer seine Transporte kostengünstiger abwickeln, seinen Fuhrpark disponieren und mit hoher Zuverlässigkeit die Produkte an seine Kunden liefern.



jedes davon individuell nach Kundenwunsch gefertigt, die Endmontagebänder des BMW-Werks in Regensburg. Je nach Ausstattung werden bis zu 70 Prozent der Bauteile von Firmen aus aller Welt zugeliefert, und so müssen die BMW-Logistikspezialisten jeden Tag mit einer gewaltigen Lieferwelle zurechtkommen. Die Alternative wäre eine längerfristige Lagerhaltung, was wiederum riesige Lagerhallen zur Folge hätte, die unverhältnismäßig personal- und kostenintensiv wären. Deswegen werden die meisten Bauteile erst unmittelbar vor der Montage „just in time" oder „just in sequence" angeliefert. Im Laufe der Jahrzehnte entwickelte die Automobilbranche perfekt abgestimmte, schlanke und hoch flexible Lieferstrukturen. Sie gilt damit als Trendsetter in Sachen Logistik – ihre Potenziale sind mittlerweile allerdings schon weitgehend ausgereizt.





Simulation einer Pkw-Fertigung bei BMW: Die Automobilindustrie gilt als Vorreiter bei der Erschließung von Logistikpotenzialen.

**Schlummernde Schätze.** Viele andere Branchen haben aber noch Nachholbedarf: „Vor allem in Industriezweigen, in denen kleine und mittelständische Firmen überwiegen, wurde die Logistik in der Vergangenheit stiefmütterlich behandelt. Sie galt manchmal nur als lästige Notwendigkeit", sagt Jörg Scharrenbroich vom Kompetenz-Centrum Logistik in Duisburg. Nach den Erfahrungen der Managementberatung PRTM in Frankfurt könnten sich solche Branchen durch Verbesserungen erhebliche Vorteile verschaffen:

- ➔ Reduzierung der wertmäßigen Gesamtbestände eines Unternehmens – also Material, Umlaufbestand in der Produktion sowie die Produkte in den unternehmenseigenen Warenlagern und Vertriebsniederlassungen – um 50 bis 80 Prozent.
- ➔ Verbesserung der Liefertreue aller zugestellten Lieferungen um 10 bis 25 Prozent. Vorbild ist die Branche der Automobilzulieferer: Über 99,5 Prozent ihrer Lieferungen werden zum bestätigten Termin zugestellt.
- ➔ Rückgang von überfälligen Bestellungen, also von Lieferungen nach dem bereits abgelaufenen Liefertermin, um 90 Prozent.
- ➔ Verkürzung der Auftragsabwicklungszeiten – vom Eingang der Bestellung beim Unternehmen bis zum Eintreffen der Ware beim Kunden – um 40 bis 75 Prozent.
- ➔ Reduzierung von Herstellungszyklus-Zeiten – vom ersten Wertschöpfungsschritt bis zum fertigen Produkt – um 30 bis 90 Prozent. Bei einer Reduzierung um mehr als 40 Prozent sind in der Regel der Fertigungsfluss und damit auch das Fabriklayout zu ändern.
- ➔ Senkung der Gemeinkosten – etwa Personalkosten im Verwaltungsbereich und Lagerkosten – um 10 bis 30 Prozent.

Viele Firmen haben bereits mit der Erschließung dieser Potentiale begonnen. „Dabei kommt es allerdings immer wieder zu Fehlentwicklungen und zwar vor allem dann, wenn sich die Unternehmen allzu sehr auf Software-Lösungen verlassen", sagt Wilhelm Dangelmaier, Professor für Wirtschaftsinformatik am Heinz-Nixdorf-Institut der Universität Paderborn (siehe Interview S. 26). „Zunächst gilt es, die Firmenziele zu definieren und entsprechende Organisationskonzepte für geeignete Lieferstrukturen zu entwickeln."

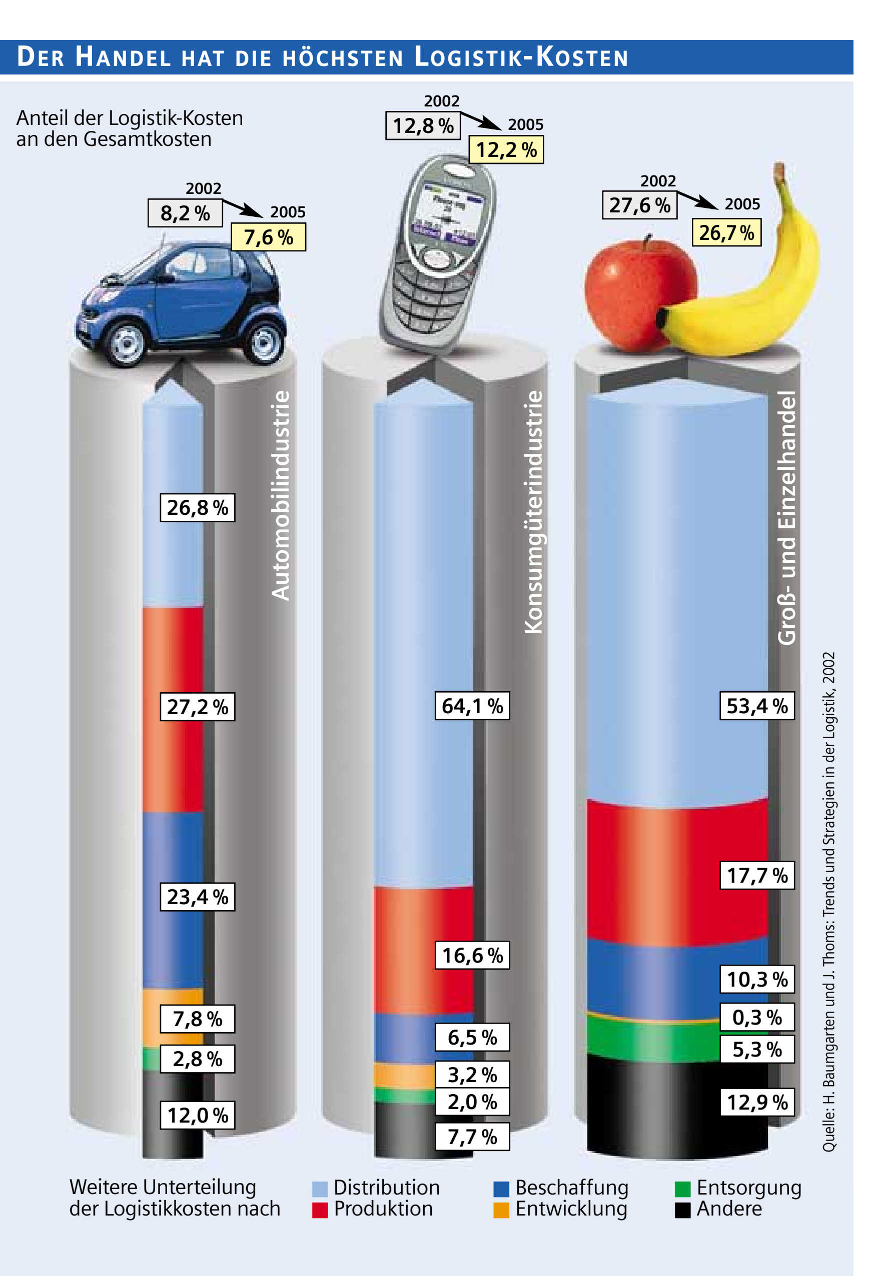
Eine optimale Logistikette ist heutzutage nicht mehr nur ein reiner Wettbewerbsfaktor, sondern wird für Unternehmen zunehmend zur Überlebensfrage, insbesondere für Firmen, die folgende Herausforderungen meistern müssen:

- ➔ Der Kunde erwartet vermehrt individuelle und maßgeschneiderte Produkte in hoher Qualität, die schnell gefertigt und geliefert werden sollen.
- ➔ Immer mehr Kunden erledigen ihre Einkäufe übers Internet. Die online bestellten Waren, etwa Bücher, werden ins Haus geliefert. Insgesamt betrachtet wächst deshalb der Aufwand für Lagerhaltung und Transport.
- ➔ Die Globalisierung nimmt zu: Hersteller kaufen für die Produktion immer mehr Einzelteile aus aller Welt zu.

*__Individuell__ hergestellte Produkte, __Internetbestellungen__ und die __globale__ Wertschöpfung sind die __neuen Herausforderungen__.*

**Produkte nach Maß.** Um individuelle Kundenwünsche berücksichtigen zu können, werden Produkte zunehmend erst nach

## Der Handel hat die höchsten Logistik-Kosten




**Je nach Branche** ist die Logistik ein großer Kostenblock für Unternehmen: So entfielen im deutschen Groß- und Einzelhandel im Jahr 2002 fast 28 Prozent der Gesamtkosten auf logistische Leistungen (in der Grafik sind sie weiter untergliedert). In der Konsumgüterindustrie – also etwa Handys, Haushaltsgeräte, Spielzeug, Schreibwaren – waren es immerhin noch rund 13 Prozent. Der vergleichsweise geringe Anteil der durch logistische Leistungen verursachten Kosten in der Automobilindustrie von etwa 8 Prozent rührt vor allem daher, dass diese Branche hohe andere Investitionen tätigt – etwa für Forschung und Entwicklung – und dass sowohl Produktion als auch Material vergleichsweise teuer sind. Dadurch sinkt der relative Anteil der Logistikkosten. Ein weiterer Aspekt ist, dass die Automobilindustrie bereits seit Jahren immer effizientere Logistikkonzepte realisiert, um diesen Kostenblock zu minimieren. Alle drei Branchen erwarten für 2005 einen weiter abnehmenden Anteil der Logistikkosten, was als Indikator für neu eingeführte, effizientere Konzepte gilt.

Eingang der Bestellung hergestellt. Dies bedeutet zumindest in einigen Branchen das Ende der Produktion auf Vorrat und der Lagerhaltung von großen Mengen einheitlicher Bauteile. „Außerdem hat der Abschied von Massenartikeln eine zunehmende Zersplitterung der Liefereinheiten zur Folge, denn diese werden bei insgesamt steigendem Transportvolumen immer kleiner", sagt Dr. Carl-Udo Maier von Siemens Corporate Technology in München, der das Projekt Picture of the Future für das Arbeitsgebiet Automation and Control leitet. „Trotzdem müssen aber die Kosten für Transport und Lagerhaltung niedrig gehalten werden. Wir von Siemens unterstützen den Kunden hierbei mit umfassenden Lösungen."

Welche Lösungen gemeint sind, zeigt ein Blick auf die heutige Angebotspalette von Siemens Dematic, zu der beispielsweise Automatisierungstechnologien für Warenlager, Briefverteilzentren und Gepäckförderanlagen in Flughäfen zählen (siehe Artikel S. 14, 20, 24). „Immer häufiger beschränkt sich unsere Rolle dabei nicht nur auf die eines Zulieferers hochwertiger Technologien. Der Kunde erwartet vielmehr die komplette Planung und Ausrüstung der Anlagen, und wir bieten all dies aus einer Hand", berichtet Dr. Alexander Gediehn von Siemens Dematic in Offenbach.

**End-to-End-Tracking.** „Hinsichtlich der künftigen Entwicklung der Logistik setzt Siemens auf drei technologische Schwerpunkte, nämlich End-to-End-Tracking-Systeme (siehe Kasten S. 16), hoch automatisierte Warenlager (siehe Artikel S. 14) und integrierte Software-Lösungen", sagt Carl-Udo Maier. Was derartige Systeme heute schon leisten, zeigt ein Ausflug in die großen Produktionsstätten der Pkw-Hersteller. Sie gleichen einem gigantischen Organismus: Riesige Warenmengen sind stets im Fluss und müssen rechtzeitig an der richtigen Stelle des Endmontagebandes ankommen. „End-to-End-Tracking-Systeme bringen Ordnung in dieses scheinbare Chaos, indem sie den Weg der Bauteile durch das Labyrinth der Förderbänder bis hin zur Endmontage verfolgen und den steten Nachschub über Software koordinieren", erläutert Maier. Viele Bauteile sind heute zu diesem Zweck mit einem Barcode oder alphanumerischen Aufdruck gekennzeichnet, der von einem Barcode-Lesegerät oder OCR-Gerät (Optical Character Recognition) erfasst und identifiziert wird. Dabei muss allerdings immer eine Sichtverbindung zwischen Aufdruck und Lesegerät bestehen. Diesen Nachteil haben so genannte RFID-Systeme (Radio Frequency Identification) nicht, weshalb sie als zukunftsweisend gelten. Kleine und unempfindliche Datenspeicher, so genannte Tags, werden an den Bauteilen angebracht, und können berührungslos per Funk ausgelesen oder beschrieben werden (siehe auch *Pictures of the Future*, Herbst 2002, S.19).

**Intelligente Etiketten.** „Mit RFID-Systemen wird eine lückenlose Ortung und Verfolgung jeder einzelnen Liefereinheit möglich. Auf diese Weise lässt sich der gesamte Warenstrom vom Zulieferer über die Fabrik des Herstellers bis zum Endverbraucher verfolgen und das in Echtzeit", hebt Maier hervor. Die auf der Ware angebrachten Tags speichern neben allen wesentlichen Produktdaten auch Informationen über Transportweg und Zielort. Die Lesegeräte für den Datenaustausch mit den Funk-Etiketten sind an wichtigen Stationen der Lieferkette sowie in den Transportmitteln selbst installiert. Sie registrieren Menge und Art der Lieferung und leiten diese Informationen über Mobilfunk oder Satellit an die nächste Station der Lieferkette weiter.

Auf diese Weise sind etwa die Mitarbeiter an Umschlagplätzen genauestens über Zeitpunkt und Anzahl demnächst eintreffender Lieferungen informiert. Somit können sie etwa die Beladungen der Lkw für den Weitertransport frühzeitig planen und optimal zusammenstellen. „Die RFID-Technologie ist bereits auf dem Vormarsch und ihr Durchbruch wird kommen, wenn der Stückpreis der Tags für Massenanwendungen bei höchstens einem Cent liegt", ist Maier überzeugt.

Die RFID-Technologie macht auch eine lückenlose Echtzeit-Inventur möglich: Auf Knopfdruck lassen sich alle Bestände sowohl in einem Warenlager als auch in der gesamten Lieferkette erfassen und kontrollieren. Bei Fehlbeständen kann schnell reagiert werden. Auch Diebstähle fallen prompt auf. „Künftig könnten die Tags zudem Sensoren besitzen, die beispielsweise bei Lebensmitteln die vorgeschriebene Höchsttemperatur überwachen und bei einer Überschreitung Alarm auslösen", sagt Maier. „Im modernen Warenlager kann mit Hilfe der Tags auch das Zusammenspiel von Förderbändern, Robotern und fahrerlosen Transportsystemen besser koordiniert werden. Dies beschleunigt die Prozesse, was gerade im Logistik-Wettbewerb entscheidend ist."

**So genannte Regalbediengeräte von Siemens Dematic sorgen für schnellen Zugriff auf die Paletten im Warenlager – hier im Hochregallager eines Getränkeherstellers.**




**Schlaue Agenten.** Doch was hilft die schnellste Lieferkette, wenn der Lastwagen nur halb voll beladen ist und dem Logistikunternehmen dadurch Gewinneinbußen entstehen? „Künftig könnten sich vor allem kleine Unternehmen auf der letzten Meile zusammenschließen und die Waren in einer Lieferung gebündelt dem Kunden zustellen", sagt Maier. „Besonders effizient ließe sich dies bewerkstelligen, indem sie ihre Intranets zusammenschließen und ausgeklügelte Logistik-Software ins System integrieren." So genannte Software-Agenten berechnen dann, welche Aufträge zusammengefasst und wie die Transportfahrzeuge optimal ausgelastet werden können. Zudem ermitteln sie die kürzeste Fahrstrecke (siehe *Pictures of the Future*, Herbst 2001, S. 53). „Künftig könnte es internetbasierte Logistik-Netzwerke geben, die durch Programmierung von wirtschaftswissenschaftlichen Theorien sogar derart intelligent sind, dass sie den kompletten Waren- und Geldfluss weitgehend selbstständig koordinieren und überwachen", prophezeit Carl-Udo Maier. Dennoch: Ob sie jemals so gut sein werden wie die afrikanische Termite?

*Sebastian Moser, Ulrike Zechbauer*



Mit der Augsburger Firma Kuka Roboter hat Siemens ein System entwickelt, bei dem Roboter vollautomatisch unterschiedlichste Kartons optimal auf Paletten zusammenstellen – bislang ein Knochenjob für menschliche Arbeiter.

# Herrscher über das Kistenchaos

**In Warenlagern herrscht immer Hochbetrieb. Täglich gehen von dort aus Tausende von Produkten und Hunderte von Kartons auf die Reise. Moderne Roboter- und Computersysteme orten Container, stapeln Kisten exakt auf Paletten und passen auf, dass nichts verloren geht.**

Wer schon des Öfteren seinen Wohnort gewechselt hat, weiß, was es heißt, den gesamten Hausstand in einer Unzahl gleicher Kartons zu verpacken – und wie lange es dauert, bis endlich wieder alle Gegenstände an ihrem angestammten Platz sind. Wehe, die Pappkisten sind nur halbherzig beschriftet: Der Flaschenöffner bleibt verschwunden oder die letzte Schraube fürs Kinderbett. Bei einigen Hundert Gegenständen verliert der Normalsterbliche den Überblick.

Ganz anders sieht es bei jenen aus, die tagtäglich mit Tausenden von Artikeln in Hunderten von Kartons, Kisten oder Containern zu tun haben – den Experten in Warenlagern. Sie beherrschen das Chaos, nicht zuletzt, weil sie zunehmend von komplexen Computerprogrammen und Lagerautomaten unterstützt werden. In haushohen Hochregalen sausen Fahrstühle auf und ab. Nach der Choreographie eines Rechners verstauen sie Kleidungsstücke, Schrauben oder sogar Großgeräte wie etwa Waschmaschinen auf Paletten und in Fächern. Der Computer merkt sich, wo er was platziert hat. Je nach Bedarf lagert er nach anderen Kriterien ein. Waren, die häufig nachgefragt werden, lässt der Rechner so aufbewahren, dass sie sehr schnell greifbar sind. Moderne Versandhäuser wie Otto oder Klingel lagern bis zu fünf Millionen Artikel ein, packen pro Stunde 5000 Päckchen, die auf die Reise zu 5000 verschiedenen Empfängern gehen. Und selten landet eines bei der falschen Adresse.

**Lückenlose Ortung und Verfolgung.** Eine solche logistische Perfektion ist letztlich erst durch den massenhaften Einsatz von Barcodes möglich geworden. Jedes Produkt, jeder Karton und jede Palette erhalten eine individuelle Strichmarkierung. Diese beinhaltet Produktinformationen, Chargen-Nummern oder sogar Adressdaten. An Weichen und Kreuzungen von Fließbändern oder auch am Warenein- und -ausgang wird der Code automatisch per Laserscanner abgelesen, ähnlich einer Kasse im Supermarkt. So lassen sich Pullis oder Oberhemden auf einem Fließband einem bestimmten Kundenauftrag zuordnen oder der Brief in einem Postverteilzentrum einem Postleitzahlenbereich.

In den modernsten Warenlagern und an Umschlagplätzen wurde der Barcode auf den Produkten inzwischen von so genannten Transpondern abgelöst (siehe *Pictures of the Future*, Herbst 2002, S. 19). Anders als Barcodes benötigen die via Funk auslesbaren Etiketten keine Sichtverbindung. Zudem sind sie viel unempfindlicher gegen mechanische Beschädigung und Schmutz. Gegenstände melden sich sogar von allein zu Wort, um nicht verloren zu gehen. Zu diesem Zweck haben Siemens-Experten spezielle Mini-Sender zur schnellen Ortung entwickelt. Moby-R heißt das System. Die dafür eingesetzten Transponder bestehen aus einem kleinen Datenchip, einer winzigen Antenne und einer Batterie. In regelmäßigen Abständen senden sie ein individuelles Funksignal auf einer Mikrowellenfrequenz maximal mehrere Hundert Meter weit an Empfangsantennen in der Umgebung.

**Chaotische Containerlagerung.** Durch Berechnung der Laufzeit des Signals kann der Zentralrechner automatisch erkennen, wo sich der Gegenstand befindet – beispielsweise ein Container in einem riesigen Hafengelände. Etwa alle fünf Minuten aktualisiert der Computer auf einem Monitor das Lagebild sämtlicher Container. „Dadurch wird es möglich, Container nach dem chaotischen Prinzip eines Hochregallagers aufzubewahren“, sagt Heinrich Stricker, Chef des Business Development für das Moby-System bei Siemens Automation and Drives. Der Computer weiß

## Wie Hosen den richtigen Karton finden

**Waren- und Hochregallager** mögen noch so ausgeklügelt und automatisiert sein: Wenn es ans Packen geht, ist doch wieder der Mensch gefragt. In den meisten Versandhäusern landen Waren auf Packtischen, an denen Mitarbeiter Kartons falten und Stück für Stück per Hand Socken, Hosen oder Röcke hineinlegen, bis der Auftrag komplett ist. Dabei kommen durchaus Fehlwürfe vor und Reklamationen sind programmiert. Doch es geht auch anders – etwa in der vollautomatischen Versandlinie, die Siemens Dematic vor kurzem gemeinsam mit dem Versandhaus Klingel und dem Hamburger Unternehmen Pierau Planung in Pforzheim fertig gestellt hat.

**Automatisches Packen.** Mussten bisher Frauen und Männer die Pappkartons falten, so übernimmt das jetzt ein Automat, der die Kisten anschließend auf ein Fließband schiebt. Jedem Karton folgen wie eine Entenfamilie Hemden und Pullover auf demselben Fließband nach. An der so genannten Hubstation schließlich gelangt die Konfektionsware in den Karton. 100 dieser Hubstationen reihen sich wie Garageneinfahrten an einer Straße am Förderband auf. Zunächst wird der Pappkarton in die Hubstation bugsiert und mit einer kleinen Hebebühne abgesenkt. Dann folgen Hemden oder Hosen. Dank der Barcode-Kennzeichnung weiß das System, welcher Artikel in welchem Karton landen muss. Ist die Pappkiste gefüllt, wird sie eine Etage tiefer auf einem zweiten Fließband weiterbefördert. Kataloge, Geschenkartikel und die in Sekundenschnelle gedruckte Rechnung werden dazugelegt. Schließlich wird automatisch der Deckel auf das Paket geklebt, der Karton mit einem Barcode versehen und mit einem Adressaufkleber bestückt. Unabhängig davon, in welcher Reihenfolge die Kisten über die Bänder rollen, kann der Computer sie mittels Barcode identifizieren.

**Perfektes Zusammenspiel.** Bis zu 30.000 Pakete verlassen täglich die neue Packstraße – insgesamt etwa 100.000 Artikel. „Die Herausforderung bei der Umsetzung des neuen Systems lag vor allem darin, die verschiedenen Komponenten miteinander zu verknüpfen“, sagt Wilfried Lampe, der den Mail Order- und den E-Commerce-Bereich bei Siemens Dematic in Offenbach leitet. Immerhin müssen die automatischen Kartonfalter, die Kartonidentifizierer und -verschließer sowie der Rechnungsdruck perfekt zusammenspielen, damit am Ende ein korrekt gepackter und frankierter Karton herauskommt. 800 bis 900 Informationshäppchen müssen zwischen den einzelnen Stationen ausgetauscht werden, bis ein Päckchen gepackt ist – und das in Echtzeit.

## Für Fabriken, Kaufhäuser, ja sogar Briefmarken: die Zukunft der Transponder




**Intelligente Kaufhaus-Etiketten: Transponder mit Funktechnologie sollen die Transportlogistik vereinfachen, da sich mit ihnen die Ware vom Liefereingang bis zur Kasse verfolgen lässt (deutlich sichtbar ist hier die rechteckige Funkantenne am Etikett).**

**Automobilkonzerne und Logistikfirmen** setzen schon seit längerem auf kleine Funketiketten, die so genannten Transponder. Pilotstudien zeigen, dass diese Identifikations-Chips zunehmend unseren Alltag erobern und den Barcodes Konkurrenz machen werden. Experten sind sich einig, dass die Zukunft der Transponder-Technologie gehört, denn ihre Vorteile sind unschlagbar. Anders als Barcodes lassen sich die Funketiketten ohne Sichtkontakt beschreiben und auslesen, und sie funktionieren selbst dann noch, wenn sie verschmutzt oder ihre Oberflächen zerkratzt sind. Mit Transpondern können Gepäckstücke, Container oder Briefe markiert und in Sekundenbruchteilen erfasst werden. Fachleute sprechen von Radio Frequency Identification – RFID. Das größte Hindernis bei Massenanwendungen wie der Produktkennzeichnung im Einzelhandel ist derzeit noch der Preis der Transponder-Etiketten, der so genannten Tags. Doch sie werden immer billiger – so billig, dass sie nach und nach auch die Bereiche der Massenanwendung erschließen werden.

**Hunderte von Etiketten gleichzeitig erfassen.** Seit Anfang 2000 engagiert sich Siemens Venture Capital in dem australischen Unternehmen Magellan Technology. Die Firma ist führend im Bereich der Massenanwendungen. Sie hat ein sehr preisgünstiges System auf den Markt gebracht, das aus verschiedenen Schreib- und Lesegeräten sowie unterschiedlichen Tags besteht. Ein weiterer Vorteil: Signalüberschneidungen werden verhindert. Bislang bereitete nämlich das gleichzeitige Auslesen vieler Transponder, beispielsweise in einem Haufen kleiner Bauteile, Probleme. Die Funksignale überlagern und stören sich gegenseitig. Um das zu verhindern, setzt Magellan das so genannte Frequency-Hopping-Verfahren ein. Dabei wechseln die Transponder ihre Funkfrequenz in regelmäßigen Abständen. Auf mehreren Kanälen empfängt oder sendet das Schreib-Lese-Gerät gleichzeitig die Funksignale. Die Datenübertragung wird dadurch wesentlich beschleunigt. Mehrere Hundert Etiketten lassen sich innerhalb von Millisekunden aus einem Abstand von rund 50 Zentimeter gleichzeitig erfassen – beispielsweise eine Kiste voller Briefe im Postverteilzentrum. So sollen in Japan Briefmarken in absehbarer Zukunft durch Transponder ergänzt werden.

**Transponder im Kaufhaus.** Vor kurzem ging ein Pilotprojekt von Siemens Business Services und der Kaufhof AG zu Ende, bei dem rund 20.000 Transponder zur Kennzeichnung von Kleidungsstücken eingesetzt wurden (Bild links). Kaufhof will damit überprüfen, ob sich durch die Transpondertechnik die Transportlogistik beschleunigen und vereinfachen sowie der Verlust von Waren reduzieren lässt. Siemens Automation and Drives steuerte Schreib-Lese-Geräte bei, die Informationen auf die Transponder übertragen und wieder abrufen können. Damit wurden sowohl der Warenein- und -ausgang in einem Zentrallager als auch eine Kaufhof-Filiale ausgestattet. Im Warenhaus wurden die Schreib-Lese-Geräte an den Kassen angebracht. Das erlaubte eine Verfolgung der Ware über die gesamte Logistikkette bis zur Kasse. Im Verkaufsraum konnten Mitarbeiter mit Hilfe mobiler Lesegeräte in Sekundenschnelle den Warenbestand erfassen und prüfen. Parallel dazu lieferte ein direkt am Regal angebrachtes Lesegerät eine digitale Inventur.

**Intelligenter Werkzeugkasten.** Die Transpondertechnologie wird derzeit in vielen Branchen und Anwendungsfeldern getestet. Forscher vom Auto-ID-Center des Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Boston untersuchen, welche Transponder-Anwendungen realistisch sind und zu vertretbaren Kosten verwirklicht werden können. Gemeinsam mit Firmen wurden dazu diverse Pilotprojekte gestartet. Mit einem Flugzeughersteller entwickelten die Wissenschaftler einen „intelligenten Werkzeugkasten" für die Wartung von Jets. Der bemerkt, wenn ein mit einem Transponder versehenes Werkzeug fehlt. Damit es nicht in einem sensiblen Teil eines Flugzeugs vergessen wird, schlägt er bei Schichtende Alarm. Auch Siemens beteiligt sich an den Aktivitäten des Auto-ID-Centers, um die Transponder-Visionen schneller Realität werden zu lassen. Darüber hinaus ist Siemens Mitglied in Gremien des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) und des Verbands der Automobilindustrie (VDA), die das Ziel verfolgen, Szenarien, Anwendungen und Standardisierungen der RFID-Technologie weiter voranzubringen.



**Ein Roboter greift sich in Sekundenschnelle das richtige Werkzeug, um Kartons unterschiedlicher Größe anheben zu können.**




stets, wo die jeweilige Ware ist. Interessant wird das überall dort, wo Waren schnell kommen und gehen, wo Gabelstapler Container ständig verschieben, um Platz für neue Lieferungen zu schaffen. Dank Transponder entfällt die zeitraubende Suche nach verloren gegangenen Containern. Auch gegen Diebstahl soll das neue System besser schützen.

Noch aber sind Transponder vergleichsweise teuer. Derzeit beherrschen bei reinen Identifikationsanwendungen daher Barcodes die Lagerwelt. Experten gehen davon aus, dass das auch in den nächsten Jahren noch so bleiben wird, obgleich Funktechnologien in vielen Branchen stark auf dem Vormarsch sind (siehe nebenstehender Kasten). Denn um Barcode-Etiketten zu drucken und aufzukleben, genügen ein wenig Folie und Papier.

**Roboter als Hochstapler.** Auch die Entwickler von Siemens Dematic in Offenbach setzen auf den omnipräsenten Strichcode. Gemeinsam mit der Augsburger Kuka Roboter GmbH haben sie eine Pilotanlage entwickelt, die Kartons fein säuberlich auf Paletten stapelt. Diese ist bislang einzigartig. Zur Zeit setzt Siemens Dematic das Konzept mit verschiedenen Kunden in erste Anwendungen um.

Der Palettier-Automat soll zukünftig in jenen Lagern zum Einsatz kommen, in denen es darum geht, Waren von einer Palette oder aus einem Hochregallager auf einer nach Kundenwunsch gemischten Palette zusammenzustellen. Das ist beispielsweise in Zwischenlagern für Supermärkte der Fall. Dort wird ständig Ware von vielen Herstellern angeliefert. Und die muss täglich aufs Neue individuell für jeden Supermarkt zu bunt gemischten Paletten zusammengestellt werden. Zwar funktioniert das Hochregallager zumeist vollautomatisch. Um aber eine Vielzahl verschiedener Kartons zu einer stabilen und dicht gepackten Kundenpalette zusammenzufügen, sind bisher das geschulte Auge und die Flexibilität eines menschlichen Palettierers nötig. „Ein Knochenjob", sagt Gregor Baumeister, als Leiter Robotic Picking Systems bei Siemens Dematic zuständig für die Entwicklung der vollautomatischen Palettier-Anlage. „Ein Arbeiter hebt am Tag mehrere Tonnen Ware um und packt sie vom Fließband auf die Kundenpalette." Ein guter Grund, den Prozess zu automatisieren.

Die neue Anlage ist ein komplexes Zusammenspiel aus Robotern, Fließbändern und einer aufwändigen Steuerungstechnik. Das Prinzip: Ein Roboter greift nacheinander verschiedene Kartons von der Palette des Zulieferers und packt diese auf ein Fließband. Eine zweite Roboterstation nimmt die Pakete auf und positioniert sie gemäß Bestellung auf der Kundenpalette; egal ob kleine oder große Kisten, am Ende ist die Palette dicht und stabil gepackt – so, wie es bisher nur Menschen konnten.

*350 Kisten kann das* ***Robotersystem*** *pro Stunde* ***auf Paletten*** *platzieren – bei* ***optimaler Ausnutzung*** *des Raumes.*

Was simpel klingt, ist tatsächlich ausgesprochen kompliziert. Mit einer Kamera muss der Roboter zunächst die Lage der Kartons auf der Lieferantenpalette erkennen, um sie nacheinander abgreifen zu können. Eine besondere Herausforderung für die Entwickler war die Programmierung der Software. Immerhin muss diese in der Lage sein, ein simples Kamerabild in Positionsdaten für den Greifer umzusetzen. Um Pappkisten verschiedener Größe zu schnappen, muss zudem innerhalb weniger Sekunden das Greifwerkzeug ausgetauscht werden können. Dabei handelt es sich um Metallplatten mit Spezialbeschichtung, die sich per Vakuum auf den Kartons festsaugen. Kartons, die gegriffen werden, erhalten automatisch ein Barcode-Etikett. Der Palettier-Roboter schließlich muss die Kartons nach intelligenten und flexiblen Rechenvorschriften so zusammenstellen, dass das Palettenvolumen möglichst vollständig ausgenutzt wird. Neue Kartonformate werden am Wareneingang ins System eingelesen und später vom Roboter wiedererkannt.

Inzwischen erreicht der Apparat Packungsdichten von deutlich mehr als 80 Prozent. Ein professioneller menschlicher Packer bringt es auf höchstens 75 bis 80 Prozent. Schaut man dem pferdegroßen Roboter zu, staunt man über seine scheinbare Intelligenz. Zuerst positioniert er große Kisten in den Ecken der Palette, danach füllt er den Innenraum. Hohlräume pflastert er zum Schluss mit kleinen Kartons zu. Bis zu 350 Kisten pro Stunde kann das Gerät derzeit platzieren – völlig fehlerfrei und ganz ohne Bandscheibenvorfall. Durch Optimierung der verschiedenen Prozessschritte soll sich die Zahl noch deutlich erhöhen.

Je nach Einsatzfall und Wirtschaftlichkeit wird zukünftig jeweils eine etwas anders gestaltete Anlage zum Einsatz kommen, sagt Baumeister. „So werden eher einzelne Module unserer Pilotanlage in verschiedenen Lagern Einzug halten" – beispielsweise nur die Greifeinheit, die Paletten abräumt und aufs Fließband packt oder der schlaue Palettierer. „Letztlich zeichnet sich Siemens Dematic ja gerade dadurch aus, individuelle Lösungen zu finden."

**Roboter mit Navigationssystem.** Einen Roboter ganz anderer Art haben Siemens-Experten von Corporate Technology (CT) entwickelt. Das MobMan (Mobiler Manipulator) genannte und auf Rädern gelagerte Gefährt ist mit einem Greifarm ausgestattet. In Lagern könn-

*Digitale Agenten handeln* ***Konditionen*** *aus und* ***verfolgen*** *den Weg der Ware.*

te er eingesetzt werden, um Artikel aus einem Regal zu holen, auf ein Fließband zu packen oder seinem menschlichen Kollegen in die Hand zu drücken. Das spart Wege und Zeit.

Der MobMan ist mit dem komplexen Navigationssystem SINAS (siehe *Pictures of the Future*, Herbst 2002, S.59) ausgestattet, mit dem er sich selbständig orientieren kann. Zudem besitzt der Greifarm lasergesteuerte Näherungssensoren, mit denen er seinen Arm zielsicher auf ein Objekt zusteuern kann. Tastsensoren ermitteln, mit welcher Kraft der Greifer zudrücken muss, um den Gegenstand festzuhalten, ihn aber nicht zu zerquetschen. Ob dereinst Hunderte von MobMan durch die Lagerhallen sausen werden, will der Leiter des Robotik-Teams Dr. Gisbert Lawitzky derzeit nicht voraussagen. „Denn am Ende ist entscheidend, ob sich die aufwändigen Apparate wirtschaftlich einsetzen lassen.“ So wird eine einfachere Version der Assistenzroboter möglicherweise zunächst in wohlhabenden Privathaushalten umherschwirren – als einer der ersten elektronischen Butler.

**Agenten in der Logistik.** Auch Dr. Michael Berger beschäftigt sich mit digitalen Assistenten. Anders als der MobMan bestehen diese aber nicht aus Blech und Kabel, sondern aus Bits und Bytes. Berger ist Spezialist für digitale Agenten. Dabei handelt es sich um Computerprogramme, die beispielsweise im Internet Aufgaben für den Menschen übernehmen. Nach diesem Prinzip funktionieren heute die Auktionen bei Internet-Börsen wie eBay. Der Interessent nennt lediglich sein Angebot. Eine Software führt die Verhandlung. In der Welt der Warenlager könnten derartige Assistenten zukünftig für reibungslose und pünktliche Lieferungen sorgen. Die Agenten könnten etwa mit Spediteuren Frachtkonditionen aushandeln oder sich nach dem billigsten Anbieter umschauen. Noch mag es manch einen befremden, einem Computer so viel Vertrauen zu schenken. Berger ist sich aber sicher, dass sich die Agententechnik in kleinen Schritten in diese Richtung entwickelt.

„Zurzeit bringen wir mit einem Software-Hersteller ein Projekt auf den Weg, bei dem es zunächst darum geht, einen Lieferauftrag besser zu verfolgen“, sagt der Projektmanager für „Intelligente Autonome Systeme“ bei CT in München. „Damit lässt sich schneller und genauer feststellen, ob die Ware verloren gegangen ist, gestohlen wurde oder zu spät eintreffen wird.“ Da die Ware sowohl beim Hersteller als auch beim Spediteur, im Lager und beim Kunden gescannt wird, lässt sich theoretisch jederzeit feststellen, wo sie sich gerade befindet.

Das Problem derzeit ist aber, dass nicht alle Beteiligten an der Logistikkette dieselben Datenverarbeitungssysteme benutzen. Ein unübersichtlicher Kommunikations-Wirrwarr aus Faxen, Anrufen oder E-Mails ist häufig die Folge. Dem Agenten kommt deshalb zunächst vor allem die Aufgabe zu, mit allen Systemen zu kommunizieren und so die relevanten Transport-Daten herauszufiltern. Zudem ist es für einen Sachbearbeiter derzeit fast unmöglich, Tausende von Sendungen gleichzeitig zu verfolgen. Ein Agent schafft das. Für Lageristen sind diese Informationen entscheidend, um rechtzeitig Alternativen planen zu können, falls die Ware nicht wie verabredet eintreffen sollte.

Selbst die Planung von Krisenmaßnahmen und Transportalternativen soll zukünftig Aufgabe der Agenten sein. Ihr Ziel ist es letztlich, die Abläufe in der gesamten Logistikkette zu perfektionieren. So sollen Lagerbestände niedrig gehalten werden, um wenig Kapital zu binden, aber die Regale dennoch gut bestückt sein. Die Zukunft wird zeigen, ob ein Lager dereinst tatsächlich nur noch von virtuellen Agenten geführt und von Robotern in Bewegung gehalten wird.

■ *Tim Schröder*





# Boom bei weltweiten Warenströmen

Trotz der derzeit lahmenden Weltkonjunktur bleibt die Logistik ein Wachstumsmarkt, wobei insbesondere Asien als Wachstumstreiber gilt. Gegenwärtig bewältigt die Seefracht rund 98 Prozent der Warenströme zwischen den Kontinenten. Bis zum Jahr 2010 soll dieses Logistiksegment nach der Branchenanalyse Transportation & Logistics 2002 von HVB Equity Research weltweit um jährlich 5,6 Prozent wachsen. Bereits ab 2005 soll eine neue Generation von Mega-Containerschiffen mit Platz für maximal 12.000 Containern in der Standardgröße TEU (Twenty-foot Equivalent Unit; etwa 6,1 x 2,4 x 2,6 Meter) einsatzbereit sein. Zum Vergleich: Die heute größten Containerschiffe können 7.500 TEU-Container transportieren.

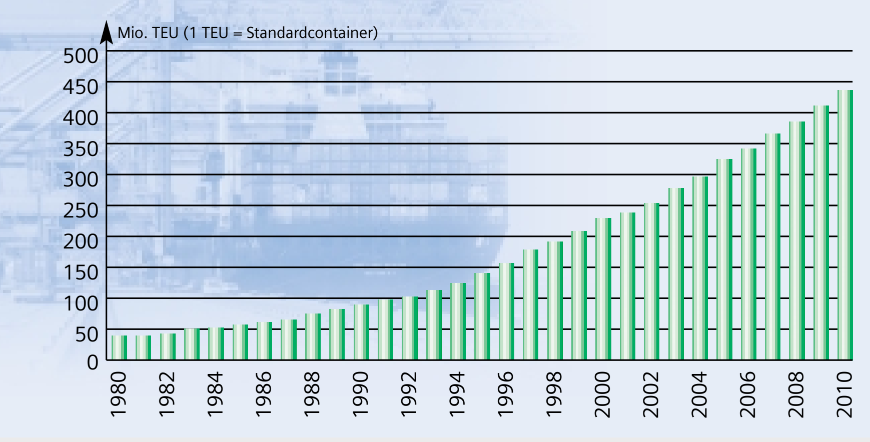
**Neue Frachtflugzeuge.** Das Segment Luftfracht soll laut HVB Equity Research bis 2010 weltweit um 5,9 Prozent pro Jahr zulegen. Auch der europäische Flugzeughersteller Airbus setzt auf diesen Boom und plant eine Frachtversion des Riesen-Jets A380: den A380 Freighter. Dieser soll ab 2008 Nutzlasten von 150 Tonnen über Entfernungen von mehr als 10.000 Kilometern ohne Zwischenlandung transportieren, deutlich mehr als beispielsweise der heute im Einsatz befindliche A300F. Dieser kann auf einem Non-Stop-Flug maximal 51 Tonnen Nutzlast etwa 4.800 Kilometer weit transportieren.

**Zunehmender Straßengüterverkehr.** Der Güterverkehr auf dem Landweg erfolgt per Eisenbahn, Binnenschiff und Lkw (prozentuale Anteile: 15%, 7% und 78% bei insgesamt etwa 1800 Milliarden Tonnenkilometern im Jahr 2002). Laut dem Trendszenario für 2015 des deutschen Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen werden sich die Marktanteile weiterhin zu Gunsten des Straßengüterverkehrs verschieben. Hier wird innerhalb Europas bis 2010 mit einem jährlichen Zuwachs von 3,3 Prozent gerechnet. Der Eisenbahnanteil soll sich stabilisieren, der Anteil der Binnenschifffahrt abnehmen.

**Gute Aussichten für elektronische Systeme.** Um Kosten zu sparen und die Prozesse zu beschleunigen, setzen immer mehr Firmen auf elektronische Logistik-Unterstützung, wozu End-to-End-Tracking-Systeme, Technologien für hoch automatisierte Warenlager sowie Software-Lösungen für die Logistikbranche zählen. Der Weltmarkt für Electronic Logistics soll sich Prognosen zufolge von 26 Milliarden Dollar im Jahr 2002 auf 78 Milliarden im Jahr 2012 verdreifachen. Insbesondere für die End-to-End-Tracking-Systeme, die eine lückenlose Ortung und Verfolgung des Warenstroms vom Zulieferer über die Fabrik bis zum Endverbraucher erlauben, wird ein Boom erwartet. Prognostiziert wird eine jährliche Wachstumsrate von 20 Prozent, womit sich ihr weltweites Marktvolumen von 1,6 Milliarden Dollar (2002) auf 10 Milliarden im Jahr 2012 mehr als versechsfachen würde. Knapp verdoppeln soll sich der Weltmarkt für Automatisierungstechnologien für Warenlager. Software-Lösungen für Logistik hatten 2002 ein Marktvolumen von 8,2 Milliarden Dollar. Die Marktforscher von AMR Research und Siemens prognostizieren hier eine Wachstumsrate von 17 Prozent pro Jahr. Dementsprechend würde ihr Markt innerhalb von zehn Jahren auf 38 Milliarden Dollar wachsen.

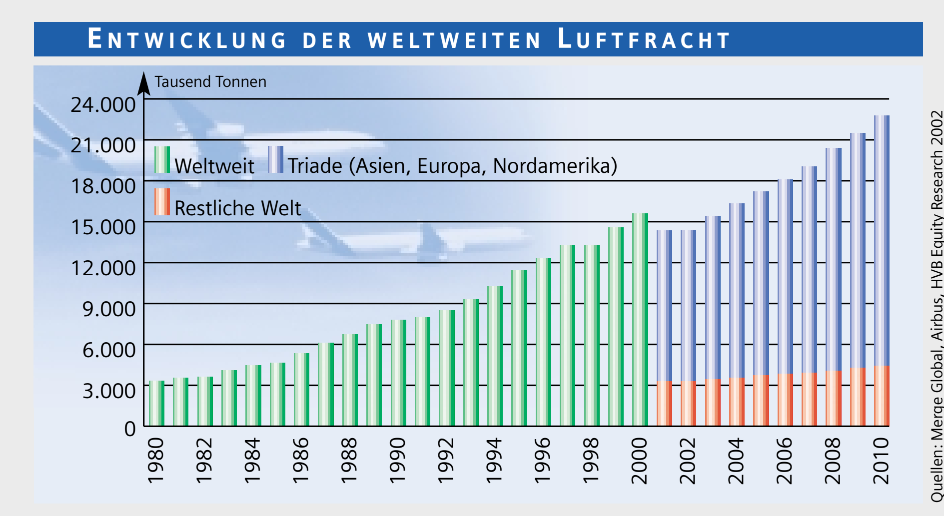
■ *Sebastian Moser, Ulrike Zechbauer*

## Entwicklung des weltweiten Containerumschlags



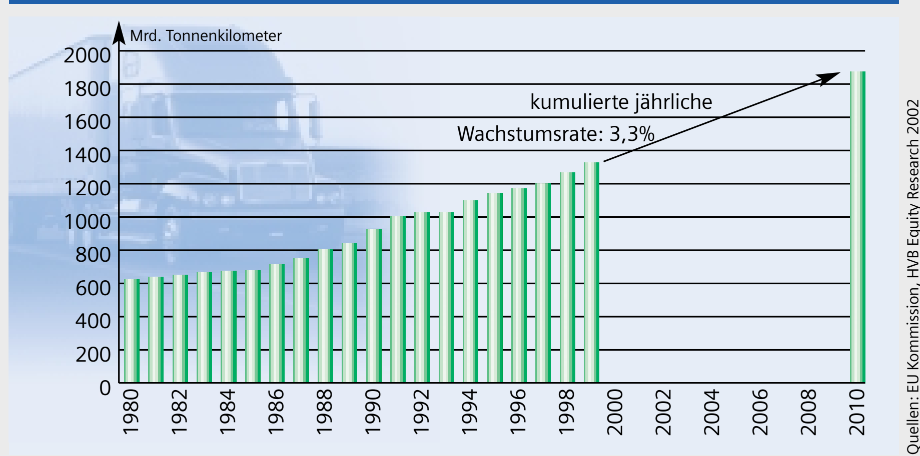

**Die zunehmende Globalisierung lässt sich an den eindrucksvollen Wachstumsraten für Seefracht ablesen: Von 1980 bis heute hat sich das Transportaufkommen fast versiebenfacht. Seefracht bleibt auch künftig ein Wachstumsmarkt.**

## Entwicklung der weltweiten Luftfracht



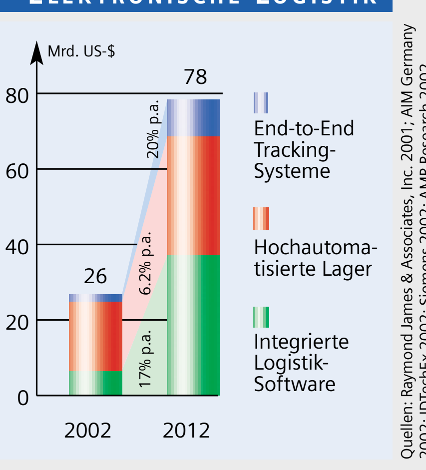

**Von 1980 bis heute erlebte der Markt für Luftfracht eine Verfünffachung. Nach den Terroranschlägen vom 11. September 2001 war er vorübergehend eingebrochen, soll sich aber bis 2004 wieder erholen. Das Wachstum wird sich fortsetzen, aber nicht so stark wie in der Vergangenheit (ab 2002 Schätzungen).**

## Entwicklung des Straßengüterverkehrs in Europa




**Verglichen mit der See- und Luftfracht fiel das Wachstum des europäischen Landverkehrs bislang eher bescheiden aus – was auch für die Zukunft gilt. Dennoch: Bis zum Jahr 2010 werden die auf den Straßen Europas transportierten Tonnenkilometer gegenüber dem Jahr 2000 um rund ein Drittel zunehmen.**

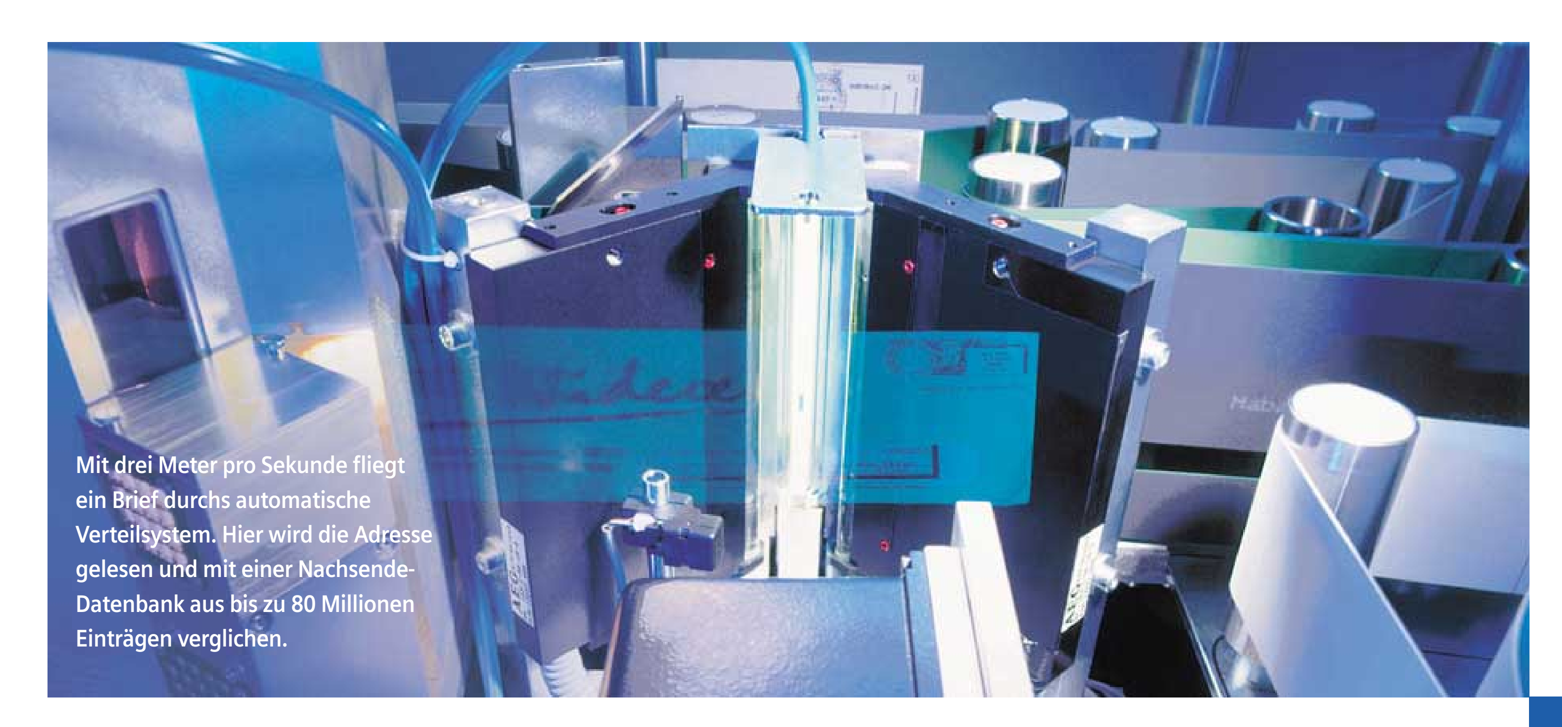
## Elektronische Logistik




**Der Weltmarkt für Lösungen der elektronischen Logistik wird sich Prognosen zufolge bis 2012 verdreifachen.**

# Briefe mit Sendungsbewusstsein

**Bis zu sechs Milliarden Briefe sind jedes Jahr in den USA nicht zustellbar. Das neue automatische Nachsendesystem PARS von Siemens wird in diesen Fällen dem United States Postal Service jährlich hunderte Millionen Dollar einsparen helfen.**



Mit drei Meter pro Sekunde fliegt ein Brief durchs automatische Verteilsystem. Hier wird die Adresse gelesen und mit einer Nachsende-Datenbank aus bis zu 80 Millionen Einträgen verglichen.

Vor einigen Jahren schickte Siemens eine Botschaft an den United States Postal Service (USPS): „Wir können Ihnen helfen, durch weniger Fehlzustellungen eine Menge Geld zu sparen." Das war sozusagen ein Angebot, das der USPS nicht ablehnen konnte. Er befördert jährlich etwa 200 Milliarden Briefe und Pakete – mehr als jedes andere Postunternehmen der Welt. Doch rund drei Prozent davon, also etwa vier bis sechs Milliarden Briefsendungen, sind nicht zustellbar. Die Kosten dafür belaufen sich pro Jahr auf die enorme Summe von 1,8 Milliarden Dollar – sie errechnen sich vor allem aus Millionen von Arbeitsstunden, Tausenden von gefahrenen Meilen und Tonnen von Flugzeugladungen.

Dass derart viele Sendungen ihren Empfänger nicht erreichen, ist ein amerikanisches Phänomen: Jedes Jahr ziehen in den USA etwa 16 Prozent aller Familien um. Im Jahr 2001 registrierte der USPS 44 Millionen Nachsendeanträge. Die meisten Umzugswilligen teilen zwar allen, vom Freund bis zur Hausbank, ihre neue Adresse mit und stellen beim USPS einen Nachsendeantrag. Doch bislang gab es keine Technologie, die die Adressen auf den Briefen automatisch überprüfen und mit den Einträgen in den gigantischen Datenbanken für Adressänderungen vergleichen konnte. Mit der bevorstehenden Einführung des Nachsendesystems PARS wird sich dies ändern. PARS (Postal Automated Redirection System) ist ein von Siemens Dematic entwickeltes System, das derzeit in Virginia und Florida umfangreichen Tests unterzogen wird.

Auch im Zeitalter des Internets haben Postunternehmen nach wie vor eine glänzende Zukunft. Nach wie vor machen Briefe etwa 80 Prozent des Postvolumens aus, und die Gesamtzahl der Postsendungen bleibt stabil oder steigt sogar. Grund dafür ist das Internet selbst. „Immer mehr Leute kaufen im Internet ein, und diese Lieferungen kommen per Post", erklärt Raj Kumar, der bei der Implementierung des Projektes die Schnittstelle zwischen Siemens und dem USPS bildet. „Natürlich erhöht sich auch das Werbevolumen", ergänzt er.

**Nachsendeprozess mit Abkürzung.** Vom Briefkasten aus landet ein Brief zunächst in einem Briefverteilzentrum, wo die Post danach sortiert wird, ob sie an Empfänger innerhalb oder außerhalb einer bestimmten Region geht. Nehmen wir an, Ihr Brief aus Washington, D.C., ist an Ihren alten Schulkameraden Rick in Los Angeles adressiert. Was Sie aber nicht wissen: Rick hat sich zur Ruhe gesetzt und ist erst kürzlich ins sonnige Florida umgezogen.

Ist das PARS-System erst installiert, kann der Brief mit hoher Geschwindigkeit direkt nachgesendet werden, anstatt erst nach Los Angeles geschickt und dann an die korrekte neue Adresse umgeleitet werden zu müssen, wie es derzeit der Fall ist. Mit einer Transportgeschwindigkeit von mehr als drei Meter pro Sekunde rast Ihr Brief durch eine Sortiermaschine und wird dabei so gedreht, dass das Adressfeld nach oben zeigt. Dann wird von der Briefoberfläche ein digitales Bild erstellt, und ein System zur optischen Zeichenerkennung liest die Empfängeradresse.

Sobald der Empfänger erfasst ist, wird die Information an einen PARS-Server weitergeleitet und mit einer Liste von Nachsendeadressen verglichen. „Der PARS-Server kann innerhalb weniger Millisekunden das USPS-Verzeichnis, das 60 bis 80 Millionen Adressänderungen enthält, durchsuchen", sagt Gert Seidel, Vice President des PARS-Programms. „Dafür haben wir bei Siemens in Arlington, Texas, eine spezielle Technologie entwickelt und patentiert." Wenn Rick – auf Papier oder digital – einen Nachsendeantrag gestellt hat, sind diese Daten am USPS-Standort in Memphis, Tennessee, zentral gespeichert. Der PARS-Server, der dort die Anfrage stellt, erkennt daraufhin, dass der Brief nicht zustellbar ist. Dann wird dieser Brief nur etwa eine Sekunde, nachdem er die Sortiermaschine erreicht hat, auf einen Nachsendestapel umgeleitet.

**Entscheidung in Sekundenbruchteilen.** „Zu diesem Zeitpunkt wissen wir nur, dass der Brief nicht zustellbar ist", meint Seidel. „Um aber herauszufinden, was wir damit machen sollen, wird das Bild der Briefoberfläche an ein spezielles Lesegerät weitergeleitet. Hierfür hat Siemens Dematic in Konstanz ein System entwickelt, das mehrere Dinge analysiert: etwa die Versandart sowie Sendevermerke wie ‚Bitte nachsenden' und andere auf dem Brief vorhandene Informationen. Wird etwas entdeckt, das nicht automatisch zu verarbeiten ist, kümmert sich speziell geschultes Personal darum, das meist ganz woanders sitzt und aus der Ferne die Videobilder betrachtet."

Die Ergebnisse – ob nun automatisch oder von Menschen ermittelt – werden an einen weiteren Server, den so genannten Redirection Image Controller, weitergeleitet. „Das ist das Herz des PARS-Systems", erklärt Seidel. „Der Controller analysiert die kodierten Informationen in Bezug auf fast 4.000 USPS-Regeln." Diese Regeln legen fest, inwieweit Versandart, Nachsendevermerke oder das Datum der Adressänderung den Bestimmungsort eines Briefs beeinflussen. Ein Beispiel: Steht auf dem Umschlag der Vermerk „Bitte neue Adresse an Absender weiterleiten", aber der Empfänger will – etwa wegen einer Gerichtsentscheidung – nicht, dass seine Adresse bekannt gegeben wird, so würde dieser Brief dem Empfänger zugestellt, ohne dass der Absender die neue Adresse erfährt.

Im Bruchteil einer Sekunde entscheidet also der Redirection Image Controller, welche Regeln für Ricks Brief anzuwenden sind. Dann erstellt er ein elektronisches Etikett, das für diesen speziellen Brief gespeichert wird. Während der Brief durch die Sortiermaschine saust, erhält er automatisch einen Strichcode, der die Entscheidung des Controllers widerspiegelt. Zudem wird die neue Empfängeradresse – falls vorhanden – auf ein gelbes Etikett gedruckt.

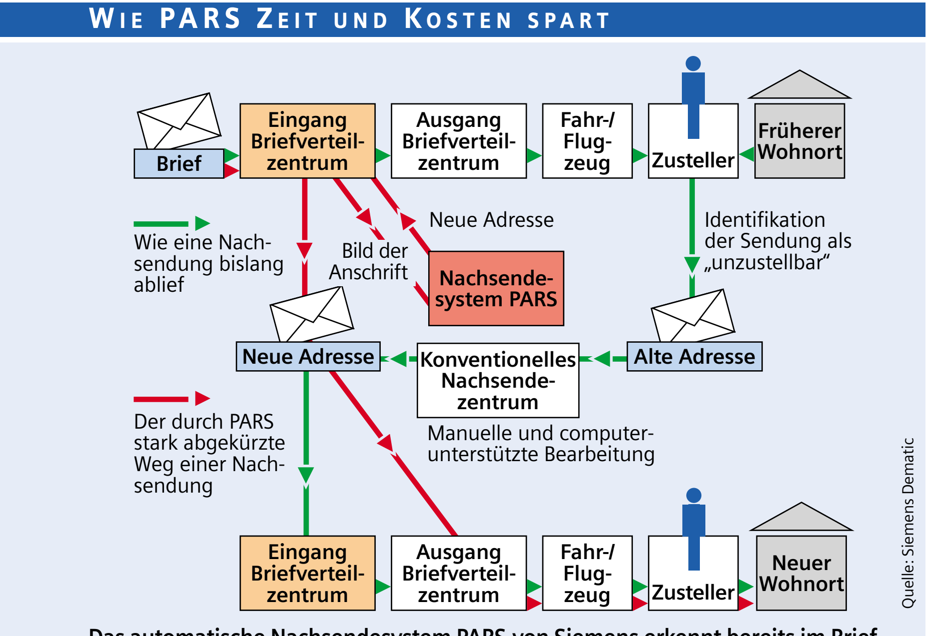
„Der Etikettentext und der Strichcode legen den neuen Bestimmungsort der Sendung fest", erläutert Seidel. „Der Strichcode sagt den anderen Maschinen, ob und wohin der Brief nachgesendet wird, ob er an den Absender zurückgeht, oder ob er, beispielsweise als Werbesendung, in den Papierkorb wandert." Ricks Brief wird mit PARS also bereits am Versandort Washington automatisch an seinen neuen Bestimmungsort Miami umgeleitet.

Ein einziges dieser Systeme kann pro Stunde bis zu 30.000 unzustellbare Briefsendungen bearbeiten. Daher denken die Fachleute bei Siemens und dem USPS, dass die Zustelldauer derartiger Sendungen dank der neuen Technologie von Tagen auf Stunden reduziert werden kann.

Zwar dürfte es wohl ein Traum bleiben, die Gesamtkosten von 1,8 Milliarden Dollar für unzustellbare Briefsendungen komplett auf Null zu bringen. Siemens geht jedoch davon aus, dass der USPS jährlich Millionen von Arbeitsstunden einsparen und die Kosten um bis zu 420 Millionen Dollar pro Jahr senken kann, sobald das PARS-System vollständig eingeführt ist. „Unser Vertrag hängt von den Einsparungen ab", sagt Seidel. „Je mehr also der Kunde spart, desto mehr verdienen wir. Wir werden daher das System kontinuierlich weiter verbessern."

*Arthur F. Pease*

## Wie PARS Zeit und Kosten spart




**Das automatische Nachsendesystem PARS von Siemens erkennt bereits im Briefverteilzentrum unzustellbare Briefe und etikettiert sie um. Im nächsten Schritt könnte die Technologie auch auf Päckchen und Großbriefe ausgeweitet werden.**

**Wie lassen sich im Zeitalter von E-Commerce die Zustellkosten von Briefen und Päckchen senken? Derzeit konkurrieren mehrere Systeme um die beste Lösung für die „letzte Meile“.**

# Viele Wege führen zur letzten Meile

Lieferungen müssen wir nicht mehr persönlich in Empfang nehmen. Und dennoch sind die Waren sicher und fachgerecht gelagert“ – Daniel Steiner ist begeistert von der SkyBox, einer Kombination aus Schließfach und Kühlschrank. Seit er und seine Familie als Testpersonen im – auch mit Siemens-Technik ausgestatteten – „Futurelife“-Haus bei Hüneburg im Kanton Zug leben, werden die Dinge des täglichen Bedarfs einfach bei einer großen schweizerischen Supermarktkette via Internet bestellt.

Dank der SkyBox muss niemand zu Hause bleiben, um die Waren in Empfang zu nehmen. Der zweiteilige Behälter von der Größe einer Waschmaschine ist in der Hausfassade untergebracht und lässt sich von innen wie von außen öffnen. Der Lieferant benötigt dazu lediglich eine Smartcard und einen PIN-Code. Verderbliches packt er oben in die Kühlbox, der Rest kommt ins untere Fach.



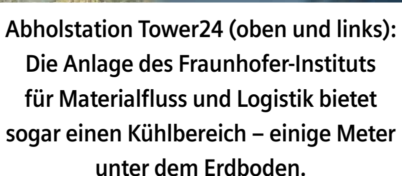

**Teurer Transport.** Von solch einem Service können Herr und Frau Jedermann vorerst nur träumen. Seit geraumer Zeit versuchen Kurier- und Paketdienste, den Lieferprozess zu optimieren. „Die Frage ist, wie die Ware am günstigsten und schnellsten zum Endkunden kommt, denn der Zustellprozess macht bei Briefen und Päckchen zwischen 50 bis 70 Prozent der Transportkosten aus“, erläutert Matthias Krause von der Siemens Dematic Postautomatisierung in Konstanz. Der Rest der Kosten entfällt auf die ‚Inhouse‘-Zeit, denn noch heute muss der Briefträger in der Postfiliale die Regale entlang gehen und sich anhand der zu verteilenden Päckchen seine Route selbst zusammenstellen. „Das Problem der ‚letzten Meile‘ müssen die Logistiker so schnell wie möglich in den Griff bekommen.“

Ursprünglich stammt der Begriff aus der Telekommunikation: Die letzte Meile beginnt am lokalen Verteilerkasten des Telekom-Unternehmens und führt zum Hausanschluss des Nutzers. In der Logistik ist damit der innerstädtische Abhol- und Lieferverkehr gemeint. Nun ist aber der physische Transport von Gütern ungleich komplizierter als der elektronische, und in Zukunft wird es nicht einfacher, denn demographische Entwicklungen, etwa die wachsende Zahl von Single-Haushalten und die zunehmende Mobilität, verschärfen das Problem. Auch kennt der Einkaufsbummel im Web keine Ladenschlusszeiten. Wenn ein Kunde im Internet Waren bestellt, erwartet er, dass sie schnell und ohne hohe Zusatzkosten bei ihm eintreffen. Im Jahr 2002 wurden allein in Deutschland über 1,5 Milliarden Pakete ausgeliefert. Ein Teil davon geht auf Internetshopping zurück – Tendenz steigend.

Nach Schätzungen des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik (IML) in Dortmund werden im Jahr 2006 rund 600 Millionen Sendungen im deutschsprachigen Raum durch elektronischen Handel generiert werden. Die Logistiker müssen also ihre Strategien an ein verändertes Sendungsaufkommen anpassen, da es zunehmend mehr und kleinteilige Sendungen geben wird. Für den Erfolg des Online-Geschäfts sind leistungsfähige, aber auch kostengünstige Vertriebs- und Zustellsysteme unabdingbar. Derzeit werden drei verschiedene Ansätze erprobt: Boxensysteme, Pick-up-Stationen und Schließfachanlagen. Alle drei sind für Ballungsräume interessant, „dort wo die Zustellpunkte strategisch nahe liegen“, sagt Krause.

**Paket in die Box.** Boxensysteme wie die eingangs erwähnte SkyBox basieren auf der Heimbelieferung nach einem abgewandelten Briefkastenprinzip. Die Firma Condelsys in Dortmund nutzt ein solches Verfahren. Bei der Online-Bestellung muss der Kunde lediglich seine Adresse um einen Zustellcode ergänzen. Dieser wird auf dem Adressaufkleber vermerkt, und der Zusteller hat damit automatisch den richtigen Code zur Hand. Mit dieser Zahlenkombination entriegelt er die leere Box, um die Ware hineinzulegen. Der Empfänger kann sie dann mit seiner persönlichen Geheimzahl öffnen. Nachteile dieses Systems: Der Kunde muss die Box kaufen, die Bezahlung erfolgt über den Online-Händler, Rücksendungen sind nicht vorgesehen.



**Abholstation Tower24 (oben und links): Die Anlage des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik bietet sogar einen Kühlbereich – einige Meter unter dem Erdboden.**

**Abholstationen.** Bei Pick-up-Stellen müssen die Besteller ihre Artikel abholen. Als mögliche Abholstationen kommen Tankstellen, Kioske oder auch Videotheken in Frage. Derzeit gibt es etwa 1700 Sammelorte in Deutschland – einen solchen Dienst betreibt beispielsweise die Firma PickPoint. In Großbritannien und Irland sind die 3400 Abholpunkte unter dem Namen Collectpoint bekannt. Der Empfänger wird per SMS oder E-Mail benachrichtigt. Holt er die Güter innerhalb von zehn Tagen nicht ab, werden sie an den Absender zurückgesandt. Nachteil hier: Nicht jeder Tankstellenpächter oder Ladenbesitzer bietet diesen Zusatzservice an. Zudem ist der Kunde auf die jeweiligen Öffnungszeiten angewiesen, und nicht alle Stellen nehmen Retouren an.

Mit automatischen Abholstationen lassen sich diese Probleme umgehen. Ein solches System testet die Deutsche Post in einem groß angelegten Pilotversuch seit Ende 2001 in mehreren deutschen Großstädten. Rund 90 „Packstationen“ sind derzeit an Bahnhöfen, Einkaufszentren oder Universitäten rund um die Uhr zugänglich. Hinterlegt werden Pakete, die maximal der Größe von zwei Kisten Wein entsprechen – auch das Aufgeben von vorfrankierten Gütern und Retouren ist möglich. Der Kunde wird nach einmaliger Registrierung per SMS oder E-Mail informiert. Er kann dann seine Sendung innerhalb von neun Tagen abholen.

Die Deutsche Post wird künftig via Packstation zusätzliche Dienstleistungen anbieten. „Wir können uns vorstellen, dass Autovermieter die Mietwagenschlüssel hinterlegen, Techniker Ersatzteile, oder Opernbesucher ihre Eintrittskarten abholen“, meint Boris Mayer, Projektleiter des Pilotversuchs, an dem bislang mehr als 60.000 Kunden teilnahmen.

Ähnliches Potenzial will das Fraunhofer IML mit dem Tower24 erschließen. Der zehn Meter hohe Turm besitzt ein Fassungsvermögen für 200 Pakete, weist jedoch im Gegensatz zur Packstation zwei Temperaturzonen auf: einen Bereich mit Normaltemperatur und einen Frischebereich mit zwei bis sieben Grad. Die Kühlung erfolgt auf natürliche Weise, denn Tower24 ragt rund vier Meter tief ins Erdreich. Über ein automatisches Fördersystem werden die Produkte an die Ausgabestelle befördert, nachdem sie der Lieferant dort vorher eingelagert hat.

**Im Praxistest.** „Momentan sind alle Varianten in der Evaluierungsphase. Wahrscheinlich werden sie in Zukunft alle genutzt“, prognostiziert Matthias Krause. Auch wäre es denkbar, dass unabhängige Dienstleister künftig ein Netzwerk von Packstationen betreiben – vergleichbar der Zusammenarbeit von Banken bei Geldausgabeautomaten –, um kleinen Logistikanbietern gegen Gebühr gleichberechtigten Zugang zu ermöglichen.

Eines ist jedoch sicher: Aufgrund der Deregulierung müssen sich die Beteiligten in den nächsten Jahren einem verstärkten Wettbewerb stellen. „Das können sie nur, wenn sie ihre Zustellkosten in den Griff bekommen und den Kunden neue, individuelle Dienste anbieten“, meint der Siemens-Stratege. „Den größten Wettbewerbsvorteil hat derjenige, der als erster die Kosten der letzten Meile drücken kann.“ *Evdoxia Tsakiridou*



Das neue Terminal verdoppelt die Kapazität des Münchener Airports auf 50 Millionen Fluggäste pro Jahr. Etwa 1300 Mitarbeiter sorgen künftig für eine reibungslose Gepäckabfertigung.

# Rasende Koffer

**Über ein 40 Kilometer langes Transportnetz im neuen Terminal 2 des Münchener Flughafens erreichen Gepäckstücke mit Hochgeschwindigkeit ihr Ziel. Dies macht ihn zu einem der schnellsten Umsteigeflughäfen der Welt.**

Der Münchener Flughafen schafft neue Rekorde: Seit Ende Juni 2003 sind Flugreisen noch schneller und bequemer. Lediglich eine halbe Stunde brauchen Transferpassagiere im Idealfall, um von einem Flugzeug ins andere umzusteigen – ein europaweit neuer Spitzenwert. Von der dahinter steckenden logistischen Meisterleistung bekommt der Fluggast allerdings kaum etwas mit. Auf rund 50.000 Quadratmetern im Keller des neuen Terminals 2 flitzen die Gepäckstücke mit 25 Kilometer pro Stunde über das weit verzweigte Gepäckband. Bis zu 15.000 Koffer kann die von Siemens völlig neu konzipierte Anlage in der Stunde befördern. Dazu werden diese in kleine Kunststoffwannen verladen, die nach links oder rechts abkippen können und die Koffer an der richtigen Stelle ausschleusen. „Der Transport in Wannen stellt sicher, dass sich kein Koffer verklemmt und macht die Anlage schneller als herkömmliche Laufbandsysteme", sagt Projektleiter Peter Wachendorfer von Siemens Dematic. Rund 1.000 Siemens-Mitarbeiter waren in den vergangenen drei Jahren auf der Baustelle des Terminals 2 sowie am Siemens-Standort Fürth mit der Entwicklung und Realisierung der innovativen Förderanlage beschäftigt, die in Zusammenarbeit mit Crisplant als Konsortial-Partner errichtet wurde.

**Schneller ans Ziel.** Angetrieben wird die Anlage von über 19.000 frequenz-geregelten Elektromotoren – allesamt von Siemens. Gesteuert wird sie von einem redundant ausgelegten Rechnersystem und fast 200 Simatic S7-Steuerungen. „Der Rechner ermittelt für jeden einzelnen Koffer zunächst den jeweils kürzesten Weg von der Einschleusung in die Gepäckförderanlage bis zum Zielband für den jeweiligen Abflug beziehungsweise in der Gegenrichtung zum Gepäckausgabeband der betreffenden Ankunft", so Wachendorfer. Beim Einschleusen in den Kreislauf erfassen Scanner die Barcodes von Gepäckanhänger und Wanne und verschmelzen Koffer und Behälter zu einer Transporteinheit – ab diesem Zeitpunkt ist nur noch der Barcode der Wanne von Interesse, der gut lesbar an allen Seiten angebracht ist. „Auch dies macht die Münchener Anlage schneller als übliche Laufbandsysteme, bei denen die direkt an den Koffern befestigten Etiketten manches Mal verdreht und damit schlecht lesbar sind", erläutert Wachendorfer. Knapp 27.500 Lichtschranken und 400 Behälterscanner sorgen an insgesamt 500 Knotenpunkten für die korrekte Weichenstellung bei der Navigation der Koffer durch die Anlage. „Sollte es in einzelnen Streckenabschnitten zu Störungen kommen, rechnet der Computer eine alternative Route aus und leitet um", sagt Wachendorfer.

Auch die seit Jahresbeginn vorgeschriebene 100-prozentige Reisegepäckkontrolle läuft im neuen Terminal schneller ab als etwa im Terminal 1. „Wir haben die Sicherheitskontrolle voll in die neue Anlage integriert", so Wachendorfer. „Während des Transports durchlaufen die Gepäckstücke automatisch die erste Röntgenstufe und nur bei Auffälligkeiten Stufe zwei und drei. Parallel dazu überprüfen die Rechner, ob sich zu jedem verladenen Koffer auch ein dazugehöriger Passagier an Bord des Flugzeugs befindet." Die logistischen Fäden der Hochgeschwindigkeits-Förderanlage laufen in der Gepäckleitwarte zusammen, die ebenfalls von Siemens installiert wurde. Sämtliche Prozessschritte werden auf zwei riesigen Projektionsflächen an der Wand nutzerfreundlich abgebildet. Bis zu sechs Mitarbeiter behalten diese rund um die Uhr im Auge.




Bis zu 15.000 Koffer pro Stunde kann die neue Anlage derzeit befördern. In der Gepäckleitwarte von Siemens (Bild unten) laufen die logistischen Fäden zusammen.

Die Deutsche Lufthansa AG, die das neue Abfertigungsgebäude mit den Luftverkehrsgesellschaften der Star Alliance sowie weiteren Partnergesellschaften exklusiv nutzen wird, will den Flughafen München mit dem Terminal 2 als zentrale Drehscheibe weiter ausbauen. In Spitzenzeiten soll die dann erweiterte Gepäckförderanlage künftig sogar rund eine halbe Million Gepäckstücke pro Tag bewältigen. *Ulrike Zechbauer*



**Die Unternehmensberaterin und Dozentin Dr. Inga-Lena Darkow (32) arbeitet seit 1997 bei Prof. Dr. Helmut Baumgarten im Fachgebiet Logistik am Institut für Technologie und Management der Technischen Universität Berlin.**

## „An den Schnittstellen hapert es“

*Viele Logistikketten – etwa in der Autoindustrie – scheinen weitgehend optimiert. Lassen sie sich noch verbessern?*
Jede Wertschöpfungsstufe für sich genommen hat bereits einen hohen Optimierungsgrad erreicht, an den Schnittstellen allerdings hapert es gewaltig. Unternehmen, die ihre Systeme geschickt vernetzen und es dazu noch schaffen, ihre Mitarbeiter zu motivieren, verschaffen sich immense Wettbewerbsvorteile. Denn sie sind schneller, flexibler und preiswerter als die Konkurrenz.

*Wie steht es mit den verstopften Verkehrswegen? Sind sie nicht das Nadelöhr in der Logistikkette?*
Eine Kette kann nur so stark sein wie ihr schwächstes Glied. Aus verstopften Verkehrswegen resultieren Staus, Ressourcenverschwendung und erhöhte Transportkosten – für die Volkswirtschaft wie für die Unternehmen. In vielen Logistikketten sind aber noch Puffer vorhanden, die Verzögerungen durch Staus – die ja in der Regel im Stundenbereich liegen – kompensieren können. In zeitkritischen Ketten aber, etwa bei der Belieferung mit Frischwaren oder Ersatzteilen, aber auch im schnellen E-Commerce, entscheiden bereits Stunden über die Wettbewerbsfähigkeit. Daher – und auch wegen der Diskussion um die Einführung der Lkw-Maut in Deutschland – sind Firmen zunehmend für das Verkehrsthema sensibilisiert, obwohl die Transportkosten im Schnitt nur wenige Prozent der Gesamtkosten betragen.

*Wird die Logistikkette in 50 Jahren voll automatisiert sein?*
Nein, denn auch in 50 Jahren wird es keine perfekte Vernetzung von IT-Systemen geben. Wenn aber unterschiedliche Systeme kommunizieren, treten ab und zu Übersetzungsfehler auf. Spätestens hier muss der Mensch eingreifen. Zudem gibt es immer wieder Situationen, wo entschieden werden muss, welcher Auftrag gerade am wichtigsten ist. Auf den Menschen wird man nie verzichten können. ■ *Das Interview führte Ulrike Zechbauer.*



**Prof. Dr. Wilhelm Dangelmaier (53) ist Inhaber des Lehrstuhls für Wirtschaftsinformatik am Heinz-Nixdorf-Institut der Universität Paderborn. Er leitet zudem das Fraunhofer Anwendungszentrum für Logistikorientierte Betriebswirtschaft in Paderborn.**

## „Technologie kann Planung nicht ersetzen“

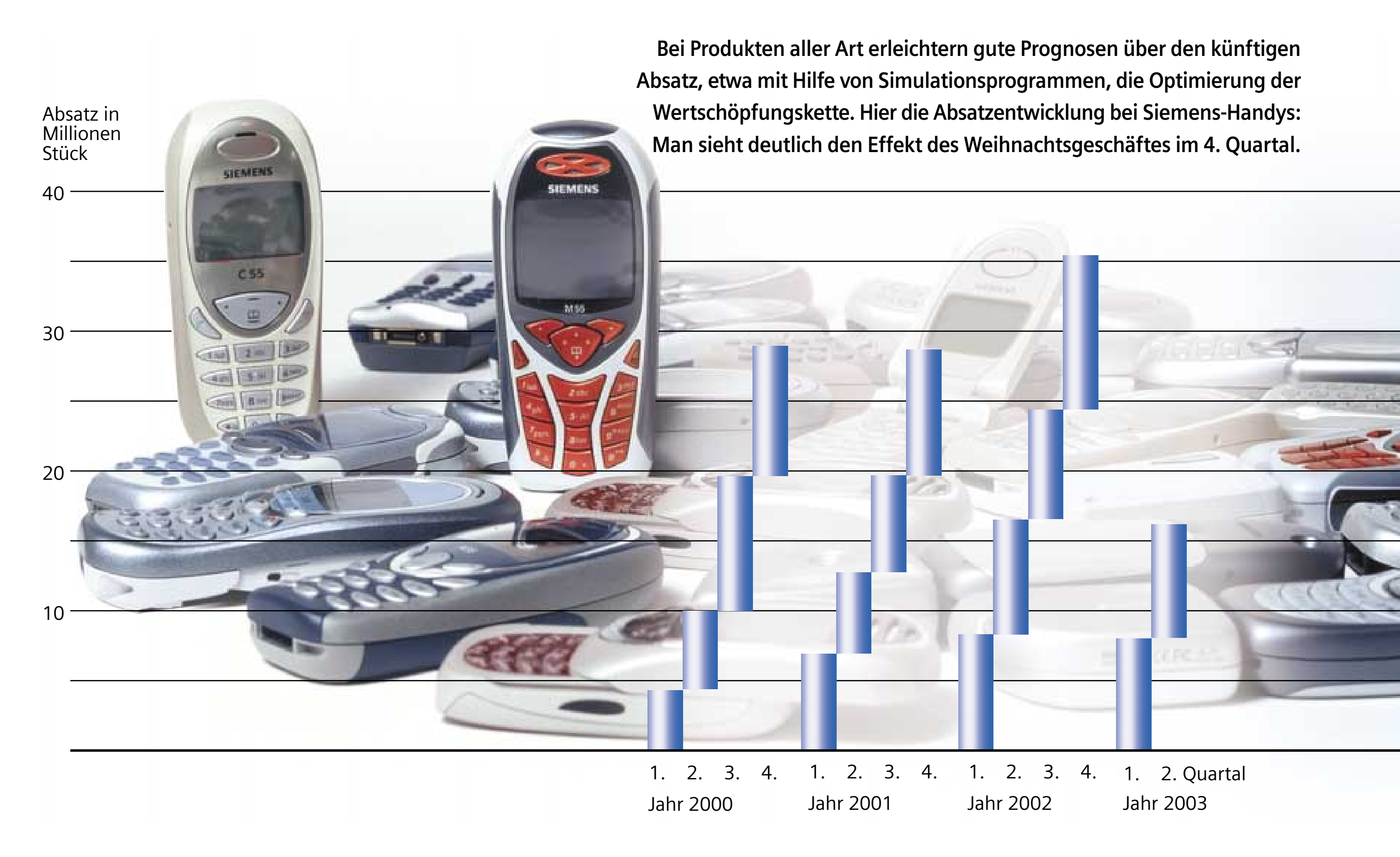
*Automobilunternehmen bieten ihren Kunden oft an, noch wenige Tage vor der Auslieferung ihre Fahrzeugausstattung ändern zu können. Trotz Zehntausender von Einzelteilen ist hier die Logistikkette offenbar bestens organisiert. Stehen andere Branchen vor der gleichen Herausforderung?*
Durchaus, und es werden immer mehr. Ich sitze beispielsweise auf einem Bürostuhl, den es rein rechnerisch in Millionen Varianten gibt. Der Hersteller hat ihn nach meinen Wünschen gebaut und konnte dennoch nach wenigen Tagen liefern. Umdenken und sich neu organisieren müssen vor allem jene Branchen, die von Katalogangeboten auf kundenindividuelle Produkte umstellen.

*Welche Auswirkungen hat dies auf die Firmen?*
Da durch die kurzen Lieferfristen kaum zeitliche Puffer existieren, muss ein Betrieb unter Umständen in der einen Woche rund um die Uhr arbeiten und in der nächsten eine Pause einlegen. Der globale Wettbewerb fordert flexible Arbeitszeiten. Fast noch wichtiger ist, dass eine Firma ihre Organisation, ihre Strategie und ihre Prozesse den neuen Anforderungen anpasst, also klärt, was ihre Ziele sind, welche Produktvielfalt sie erreichen will, welche Lieferzeiten und mit welcher Fertigungstiefe. Erst dann kann sie darauf aufbauend die geeignete Soft- und Hardware wählen.

*Doch in der Praxis sieht es oftmals anders aus ...*
Ja, leider. Es genau andersherum zu machen, ist ein fundamentaler, aber weit verbreiteter Fehler. Viele Firmen verlassen sich auf aufwändige Technik, die auch oft noch falsch eingestellt wird. Später schiebt man die Schuld aufs System, obwohl es die Firmenleitung versäumt hat, zuerst die Ziele und Prozesse zu definieren. Mit einem durchgängigen Organisationskonzept und einer einheitlichen Denkweise braucht man nicht unbedingt modernste Technologien, um den Informationsfluss für eine gute Logistikkette zu gewährleisten. ■ *Das Interview führte Sebastian Moser.*








**Bei Produkten aller Art erleichtern gute Prognosen über den künftigen Absatz, etwa mit Hilfe von Simulationsprogrammen, die Optimierung der Wertschöpfungskette. Hier die Absatzentwicklung bei Siemens-Handys: Man sieht deutlich den Effekt des Weihnachtsgeschäftes im 4. Quartal.**

# Präzise Prognosen

**Mathematik unterstützt die Logistik: Prognoseverfahren von Siemens sagen den Absatz von Produkten mit einer Genauigkeit von bis zu 85 Prozent voraus, und eine neue Software zur Routenplanung ist 1200-mal schneller als bisherige Verfahren.**

Vertriebsmitarbeiter kennen solche Klagen nur zu gut: Die Unsicherheiten über den Irak-Krieg und die Lungenkrankheit SARS dämpften das Wachstum der Handybranche, die deshalb ihre Absatzprognosen für 2003 reduzierte, was wiederum unter anderem auch die Nachfrage nach Flash-Speicherchips senkte. Wie gut wären da aktualisierbare Absatzprognosen per Knopfdruck, die derartige externe Einflüsse sofort berücksichtigten!

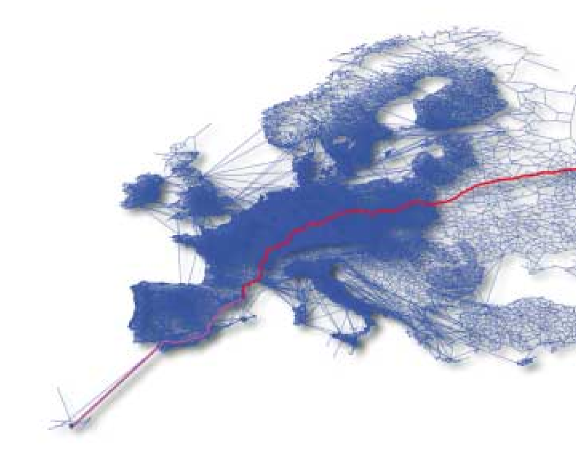
Dieser Wunsch gilt praktisch für alle Branchen. Denn den Überblick über Lieferketten zu behalten, die oft über viele Ländergrenzen reichen, wird immer schwieriger. Um mit ihren Zulieferern und Abnehmern Einkauf, Produktion, Lagerhaltung und Vertrieb optimal zu organisieren, muss eine Firma heute sehr präzise wissen, wie viele Handys, Waschmaschinen, Fernseher oder Autos sie in den kommenden Wochen und Monaten verkaufen wird.

Simulationsmodelle per Computer können die Entscheidungen des Managements unterstützen. Klassische Verfahren sind dabei mathematische Methoden der Zeitreihenanalyse wie lineare Regression, gleitende Durchschnitte oder exponentielles Glätten. Doch noch besser und schneller modellieren Neuronale Netze die dynamischen Systeme: Sie werden daher bereits seit längerem eingesetzt, um Absatz-, Liquiditäts- oder Aktienprognosen zu erstellen. Das Fachzentrum für Neuroinformatik von Siemens Corporate Technology (CT) arbeitet dabei mit so genannten rekurrenten Neuronalen Netzen (siehe Kasten S. 28). „Auf Basis unserer Systeme lässt sich heute eine Absatzprognose, etwa für die nächsten drei Monate, mit Genauigkeiten von 75 bis 85 Prozent erstellen – klassische zeitreihenanalytische Verfahren erreichen dagegen nur 55 bis 60 Prozent“, sagt Dr. Ralph Neuneier, bei CT verantwortlich für das Kompetenzfeld „Lernende Systeme in Geschäftsprozessen“.

**Eine Vielzahl von Einflussfaktoren.** Zur Verbesserung der Absatzprognosen integrieren die Experten zusätzliches Wissen über die Wertschöpfungskette ins Neuronale Netz. Damit stellen sie sicher, dass die Vorhersage nicht

nur von Daten aus der Vergangenheit, etwa den bisherigen Verkäufen, abhängt. So berücksichtigen sie Informationen über langfristige Lieferverträge und die Auslastung in der Produktion mit dem aktuellen Lagerbestand ebenso wie das typische Kaufverhalten großer Kunden, die oft am Ende eines Quartals ordern. Auch Kalendereffekte wie das Weihnachtsgeschäft oder geplante Marketingkampagnen gehen in die Marktmodellierung ein, ebenso Konjunkturindikatoren wie Branchen- oder Geschäftsklimaindizes. Neuronale Netze können all diese Faktoren sinnvoll überlagern und zu besseren Prognosen verdichten.

Derzeit gehen Geschäftsverantwortliche davon aus, dass demnächst von monatlichen auf wöchentliche Planungszyklen umgestellt werden muss. „Dies ist aber immer noch zu lang, um auf plötzliche Veränderungen reagieren zu können, die Engpässe oder Verzögerungen zur Folge haben und sich bis zum Ende der Wertschöpfungskette aufschaukeln“, erklärt Dr. Rudolf Sollacher, bei Siemens CT verantwortlich für selbstorganisierende Systeme. Um einen derartigen Bull-whip-Effekt zu vermeiden, sollen künftig alle Beteiligten einer Prozesskette direkt und zeitnah miteinander kommunizieren. Und die Software muss nicht nur die Dynamik der gesamten Supply-Chain simulieren, sondern auch Schwankungen innerhalb der Produktion oder sogar Auslastungen einzelner Maschinen. Änderungen sollen zeitnah und automatisch erfasst werden. Nur so können Gegenmaßnahmen ergriffen werden, bevor sich die Störeffekte aufaddieren. Siemens hat bereits eine geeignete Simulationssoftware entwickelt.



*Eine **Routenplanung** mit 500.000 Strecken von **Moskau** bis zu den **Kanarischen Inseln** in weniger als einer **Tausendstel Sekunde***

**Der kürzeste und schnellste Weg.** Wenn nun die hoffentlich richtige Absatzmenge prognostiziert und produziert wurde, müssen die Güter auch zur richtigen Zeit am richtigen Ort eintreffen. Dies setzt eine optimale Routenplanung voraus. Heutige Navigationssysteme in den Lieferfahrzeugen müssen sich wegen der begrenzten Rechenkapazität der Bordcomputer Schritt für Schritt ans Ergebnis herantasten – was je nach Situation den Suchraum beschneidet: Sie leiten zum Beispiel den Fahrer zunächst von der Innenstadt auf große Ring- und Ausfallstraßen und dann auf die Autobahn. Am Zielort verfeinert der Rechner die Suche erst dann wieder, wenn sich der Fahrer dem Ziel nähert. „Auf diese Weise trifft man nur selten den kürzesten oder schnellsten Weg“, erläutert Professor Ulrich Lauther, bei Siemens CT verantwortlich für effiziente Algorithmen in Netzwerken.

Lauthers Team hat daher ein neues Verfahren entwickelt, mit dem beispielsweise eine optimale Strecke von den Kanarischen Inseln nach Moskau in nur einer Millisekunde auf einem Notebook berechnet werden kann – länger braucht der neue Routenplaner für die 500.000 Streckenabschnitte inklusive Fährverbindungen nicht (Bild oben). Dabei werden an jeder Weggabelung sozusagen virtuelle Wegweiser für die kürzeste oder schnellste Route aufgestellt, die angeben, welche der Straßen für einen optimalen Weg in Frage kommen. Die Vorbereitung dieser Wegweiser dauert etwa 20 Minuten und ist einmal zu Beginn erforderlich (oder immer dann, wenn sich die digitale Landkarte ändert, wie bei Straßensperrungen oder Staus). Aber danach geht die Routenberechnung 1200-mal schneller als mit klassischen Verfahren.

Zwar ist diese Software für Navigationssysteme in Fahrzeugen weniger geeignet, da eine 20-minütige Vorberechnung nicht praktikabel ist. Doch sie ist ideal für ein System mit einem zentralen Rechner, der aktuelle Verkehrsmeldungen regelmäßig in neue Vorberechnungen integrieren kann: Dieser Server könnte zum Beispiel bei einem Logistikunternehmen oder einer Spedition stehen oder er könnte für Routenplanungen im Internet eingesetzt werden. Kostenaspekte wie Mautgebühren oder Zeitfenster, in denen Kunden beliefert werden möchten, lassen sich dabei ebenfalls berücksichtigen.

**Bevorzugte Straßen.** Ein Problem bei der Verwendung digitaler Karten sind die so genannten wichtigen Straßen. „Dies ist nicht immer eine Autobahn oder eine Bundesstraße, da es Situationen gibt, in denen deren Nutzung zu großen Umwegen führt“, erklärt Lauther. Deshalb arbeitet Siemens an einer Software, mit der unabhängig von den Angaben der Kartenhersteller die für die optimale Routenplanung wichtigen Straßen ermittelt werden können. Kommt zum Beispiel eine Straße bei diversen Routenberechnungen in vielen Fahrten vor, dann ist sie von übergeordneter Bedeutung und wird in der digitalen Karte als wichtig markiert. Sie wird dann in nachfolgenden Routenplanungen bevorzugt benutzt. Gegenüber den Originaldaten des Kartenherstellers wird so die Zuverlässigkeit der Straßenklassifikation erhöht.

Die Siemens-Routenplanung wird bereits von einem Lizenznehmer zur Optimierung von Tourenplanungen für Logistikfirmen eingesetzt. Doch sie eignet sich nicht nur für Straßen, sondern auch für Kommunikationsnetze, denn auch dort gibt es viele alternative Routen, um Nachrichten zu verschicken. So kann das Kommunikationsnetz sozusagen als Karte hinterlegt werden, mit verschiedenen Netzknoten als Straßenkreuzungen. Ein defektes oder stark belegtes Kabel kann dann wie eine Straßensperrung in eine Vorausberechnung für die optimale Kabelverbindung eingearbeitet werden. ■ *Sylvia Trage*

## Neuronale Netze für bessere Prognosen

**Neuronale Netze,** die sich an der Struktur unseres Gehirns orientieren, sind ideal für Simulationen, in denen es gilt, nichtlineare, komplexe Sachverhalte zu modellieren. Im Allgemeinen unterscheidet man drei Schichten künstlicher Neuronen: Input-, Hidden- und Output-Neuronen. Über die Input-Neuronen fließen externe Daten wie zum Beispiel Konjunktureinflüsse ein. Die Hidden-Neuronen, die auch in mehreren Schichten angeordnet sein können, verarbeiten diese Daten, und die Output-Neuronen liefern das Ergebnis, etwa künftige Absatzmengen. Jedes Neuron einer Schicht ist mit allen Neuronen der nachfolgenden Schicht über die Netzwerkparameter verknüpft.
Neuronale Netze lernen aus Daten der Vergangenheit. So erhalten die Input-Neuronen ständig eine Art Lagebericht aus dem Vertrieb: tagesaktuelle Absatzmengen, Preise, Wettereinflüsse wie starker Regen, der Kunden in die Kaufhäuser treibt, oder saisonale Einflüsse wie das Weihnachtsgeschäft. Das Neuronale Netz speichert diese Vertriebserfahrungen in den Netzwerkparametern. Im Trainingsmodus verändert der Lernalgorithmus die Parameter so lange, bis das Netz Werte prognostiziert, die eine möglichst geringe Abweichung zu den tatsächlichen Absatzmengen haben, und das Eingeben weiterer Datensätze zu keiner Verbesserung mehr führt. Dann ist das Neuronale Netz für zukünftige Absatzprognosen einsatzbereit.
Siemens setzt statt auf die meist verwendeten „Feedforward“-Netze zur Absatzprognose auf „rekurrente“ Netze. Bei den ersteren fließen die Daten nur in eine Richtung, von der Input-Schicht zum Output. Dagegen werden in rekurrenten Netzen Signale einer Schicht an die vorgelagerte Schicht zurückgegeben. Dadurch werden die Modelle robuster gegenüber störenden Einflussfaktoren, und das Netz lässt sich mit weniger Daten trainieren.

# Auf den Punkt ...

■ Die Logistik steht vor einer Vielzahl von Herausforderungen: Die global vernetzte Wirtschaft gehört ebenso dazu wie Internet-Bestellungen und individuell hergestellte Produkte, die zu immer kleineren Einzelsendungen führen. Technische Lösungen umfassen eine weitgehende elektronische Vernetzung der Wertschöpfungsstufen, automatisierte Lager, Robotertechnologie, Routenoptimierung und intelligente Funketiketten. (S.9)

■ Funketiketten machen den Barcodes Konkurrenz. Sie erlauben nicht nur die lückenlose Verfolgung des gesamten Warenstroms, sondern auch eine Echtzeit-Inventur im Warenlager. (S.13, 16)

■ In Waren- und Zwischenlagern könnten künftig Roboter Paletten nach Kundenwunsch zusammenstellen. Siemens und die Kuka Roboter GmbH erproben derzeit eine Pilotanlage. (S.14)

■ Ein neues automatisches Nachsendesystem von Siemens, das in Briefverteilanlagen integriert wird, wird der US-Post jährlich Hunderte von Millionen Dollar einsparen helfen. (S.20)

■ Im Zeitalter des E-Commerce wird es zunehmend mehr und kleinteilige Sendungen geben. Beim innerstädtischen Zustellverkehr – wenn der Empfänger nicht anwesend ist – dürften künftig drei Konzepte zum Tragen kommen: Boxensysteme, Abholstationen und automatische Schließfachanlagen wie der Tower24. (S.22)

■ In Zukunft werden Flugreisen noch schneller und bequemer. Innovative Gepäckförderanlagen ermöglichen heute schon Umsteigezeiten von nur einer halben Stunde, etwa im Terminal 2 des Münchener Flughafens. (S.24)

■ Prognosemodelle auf Basis Neuronaler Netze sagen den künftigen Absatz von Produkten mit einer Genauigkeit von bis zu 85 Prozent voraus. Um auf plötzliche Veränderungen besser reagieren zu können, wird die Software von morgen die Dynamik der gesamten logistischen Kette berücksichtigen. Ein neuer Routenplaner von Siemens ermittelt für den Warentransport den schnellsten oder kürzesten Weg zum Kunden. Die Berechnung läuft 1200-mal schneller ab als mit klassischen Verfahren. (S.27)


### LEUTE
**Picture of the Future für das Arbeitsgebiet Automation and Control:**
Dr. Carl-Udo Maier, CT SM ICA
carl-udo.maier@siemens.com
**Radio Frequency Identification (RFID):**
Michael Schuldes, SBS
michael.schuldes@siemens.com
Heinrich Stricker, A&D
heinrich.stricker@siemens.com
**Palettier-Anlage, Roboter:**
Gregor Baumeister, SD
gregor.baumeister@siemens.com
**MobMan, SINAS, Roboter:**
Dr. Gisbert Lawitzky, CT IC 6
gisbert.lawitzky@siemens.com
**Digitale Assistenten:**
Dr. Michael Berger, CT IC 6
m.berger@siemens.com
**Briefverteilung:**
Gert Seidel, SD, USA
gert.seidel@siemens.com
**Letzte Meile, Postautomatisierung:**
Matthias Krause, SD
matthias.krause@siemens.com
**Gepäckförderanlage Flughafen:**
Winfried Wittmann, SD
winfried.wittmann@siemens.com
**Lernende Systeme, Prognosen:**
Dr. Ralph Neuneier, CT IC 4
ralph.neuneier@siemens.com
Dr. Rudolf Sollacher, CT IC 4
rudolf.sollacher@siemens.com
**Routenplanung:**
Prof. Ulrich Lauther, CT SE 6
ulrich.lauther@siemens.com
**Telematik:**
Wieland Simon, CC P I&S
wieland.simon@siemens.com
Enno Pflug, SV
enno.pflug@siemens.com


### LINKS
**Siemens Dematic, Material Handling Automation Europe/Americas:**
www.ma.siemens-dematic.de
www.siemens-dematic.us/ma
**RF-Identifikationssysteme MOBY:**
www.ad.siemens.de/moby
**Postautomatisierung:**
www.postalautomation.de
**SkyBox, Futurelife-Haus:**
www.futurelife.ch/home/interaktiv/interaktiv_skyboxmat.htm
**Siemens Telematics:**
www.siemens.de/telematics

### LITERATUR

**Axel Busch, Wilhelm Dangelmaier** (Herausgeber), Integriertes Supply Chain Management, Gabler Verlag (2002)

Viele Einrichtungen – ob Militärstützpunkte oder U-Bahnen – haben zwar Hunderte von Kameras installiert, aber vergleichsweise wenig Sicherheitspersonal. Die Folge: Es steigt der Bedarf an qualitativ hochwertigen Bildern, die automatisch ausgewertet werden müssen. Dieser Trend wird von Siemens Corporate Research (SCR) in Princeton, New Jersey, genau verfolgt. Die dortige Abteilung „Real-Time Vision and Modeling Technology" ist auf dem Gebiet der maschinellen Bildverarbeitung ein Kompetenzzentrum von Weltrang (siehe auch *Pictures of the Future*, Frühling 2003, S. 44).

# Bilder ohne Grenzen

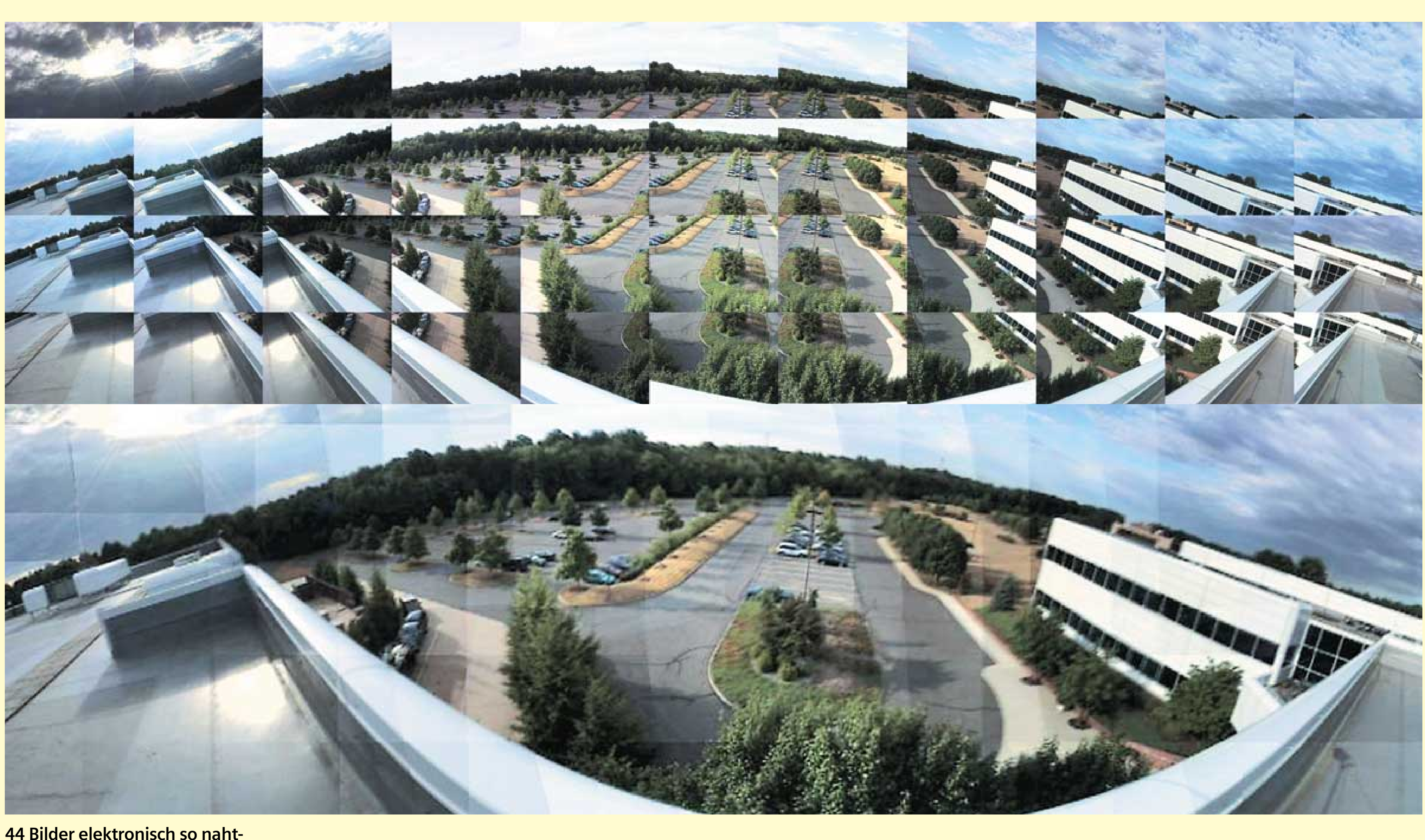
Siemens Corporate Research in Princeton kooperiert mit weltweit führenden Universitäten – unter anderem auf dem Gebiet der Bildverarbeitung. Am Ende profitieren alle: die Universitäten, die Siemens-Forschung und die -Bereiche sowie die Studenten, von denen etliche bei Siemens ihren neuen Arbeitgeber finden.

Die SCR-Experten unterhalten enge Beziehungen zu Top-Universitäten in den USA und Europa, denn auch an den Hochschulen wird immer zielorientierter geforscht. „Mitte der 90er Jahre waren unsere Kooperationen mit Universitäten noch rein akademischer Natur", erläutert Dr. Ramesh Visvanathan, Leiter der Abteilung Real-Time Vision. „Heute analysieren wir zunächst mit den Siemens-Bereichen die Kundenwünsche. Dann sprechen wir gezielt Top-Universitäten an und entwickeln spezielle Forschungsprojekte, um in dieser Richtung voranzukommen. Unsere Gelder sind damit definitiv besser investiert als je zuvor."

**Gesichter einfangen**. Eines der Forschungsprojekte, das SCR mit Universitäten erfolgreich auf den Weg gebracht hat, ist die Videoüberwachung mit mehreren Kameras, die Menschen beobachten, sie verfolgen und auf ihre Gesichter zoomen können. Für einen Teil des Projektes war Dr. Michael Greiffenhagen verantwortlich, der an der Universität Erlangen promoviert und vier Jahre bei SCR gearbeitet hat. „Mein Job war ein gutes Beispiel, wie solche Kooperationen zwischen Siemens und Universitäten ablaufen", erinnert sich Greiffenhagen, der heute beim Siemens-Bereich Information and Communication Networks tätig ist. „Mein Professor schätzte meine Arbeit bei SCR, wo mich Ramesh betreute, sehr hoch ein. Es war die richtige Mischung aus Grundlagenforschung und praktischer Umsetzung."

Inhaltlich ging es darum, die Stabilität von Algorithmen zu analysieren, die benutzt werden, um in Videobildern Menschen zu lokalisieren und mit Hilfe intelligenter Zoom-Einstellungen unter verschiedenen Lichtverhältnissen Bilder ihrer Gesichter zu erstellen. Mit Greiffenhagens System lässt sich beispielsweise eine Person so präzise lokalisieren, dass eine zweite Kamera auf ihr Gesicht zoomen kann. „Dank des Projektes wissen wir nun genauer, wie Videoüberwachungssysteme für die Praxis ausgelegt werden sollten. Das hat wiederum Auswirkungen auf unsere Produkte für die Verkehrsüberwachung", sagt Visvanathan.

**Grenzenlose Tiefenschärfe.** Yanghai Tsin schreibt eine Doktorarbeit über Robotertechnik an der Carnegie Mellon Universität (CMU) in Pittsburgh, Pennsylvania. Seit 1999 arbeitet er bei SCR an Projekten, die alle eines gemeinsam haben: Sie befassen sich mit statistischen Modellen des Bildentstehungsprozesses, um physikalisch fundiertere Videoüberwachungssysteme realisieren zu können.



**44 Bilder elektronisch so nahtlos zusammenzufügen, dass sie ein perfekt ausgeleuchtetes und detailgenaues Panoramabild ergeben – dies ist das Resultat einer Doktorarbeit bei Siemens in Princeton.**

Jeder, der schon einmal mit verschiedenen Blendenöffnungen Fotos ein und derselben Szene gemacht hat, weiß, dass die Blende die Tiefenschärfe und Detailgenauigkeit der Aufnahme bestimmt. Mit einer weit offenen Blende kommt es leicht zu Überbelichtungen, aber man erhält auch mehr Details in Bildbereichen, die nur schlecht ausgeleuchtet sind. Umgekehrt bei geschlossener Blende, die wiederum mehr Tiefenschärfe bietet. Wäre nun eine Kamera in der Lage, jede Aufnahme mit unterschiedlichen Blenden zu machen und die Aufnahmen mit den besten Lichtverhältnissen in einem einzigen Bild zu vereinen, wäre es technisch möglich, eine unbegrenzte Menge von Details abzubilden und das gesamte Bild scharf zu bekommen.

Diese Idee steht hinter Tsins Konzept des „high dynamic range image". Unter der Betreuung von Prof. Takeo Kanade von der CMU und Ramesh Visvanathan kombiniert er harte Wissenschaft mit faszinierenden wirtschaftlichen Aspekten. Bei den „Bildern mit hoher Dynamik" konzentriert sich Tsin auf die Entwicklung eines statistischen Kameramodells, mit dessen Hilfe er das entstehende Bild genauso wie die Schwankungsbreiten präzise vorhersagen kann. Darüber hinaus hat er eine Methode entwickelt, um viele Aufnahmen einer schwenkbaren Kamera aneinanderzureihen. Auf diese Weise erhält er beispielsweise extrem detailgenaue Panorama-Aufnahmen von einem großen Areal wie etwa einem Parkplatz (Bild oben). Damit ließe sich eine Überwachungstechnologie entwickeln, die große Flächen beobachtet, nie von Reflexionen geblendet wird und kein Ereignis verpasst, egal wie stark der Kontrast oder wie unterschiedlich die Lichtverhältnisse sind.

**Eine Win-Win-Situation.** „Die Arbeiten von Studenten wie Greiffenhagen und Tsin bewegen sich an vorderster Front der Forschung", sagt Visvanathan. „Und jeder Beteiligte – ob Student, Universität, SCR oder der involvierte Geschäftsbereich von Siemens – hat etwas von solchen gemeinsamen Projekten. Am Ende wissen alle besser, wie sie die ursprünglichen Probleme lösen können."

SCR plant etwa drei bis vier Prozent seiner Gelder für Kooperationen mit Universitäten ein. Zu einem Projekt gehören meist ein bis zwei Professoren und ein bis zwei Studenten. Viele Vorhaben konnten bereits erfolgreich abgeschlossen werden, etwa mit der Universität von Rochester im Staat New York. Dort arbeitete ein Student an der Rekonstruktion von 3D-Bildern aus Videodaten. Oder mit Studenten der Lehigh Universität in Bethlehem, Pennsylvania, die erforschten, wie sich die Leistung von Videoanalysesystemen messen lässt. Bei einer weiteren Kooperation mit der Universität in Princeton lag der Schwerpunkt auf der Theorie der Mustererkennung.

Zur Zeit laufen ähnliche Projekte mit der Columbia University in New York, der Brown University in Providence, Rhode Island, der University of Maryland und der Michigan State University. „Zahlt sich all das für Siemens aus?" fragt Visvanathan, der bei seiner eigenen Doktorarbeit durch ein IBM-Stipendium unterstützt wurde. Er gibt sich gleich selbst die Antwort: „Auf jeden Fall, da wir so mit moderaten Kosten an vorderster Front der Forschung sind. Ist es aber auch gut für die Studenten? Absolut, denn sie erhalten Einblick in die Gesamtzusammenhänge und können Probleme aus der Praxis lösen. Mehrere von ihnen haben sich am Ende ihrer Doktorarbeit entschlossen, bei SCR zu arbeiten. Ich denke, das spricht für sich." ■ *Arthur F. Pease*

# LICHT & DISPLAYS HIGHLIGHTS








2020

**Für ihre Flitterwochen haben Laura und Ray ein Hightech-Hotel gewählt. Ihr Zimmer hat Wände aus leuchtendem Kunststoff für Internet-TV, Bildtelefon oder programmierbare Erlebniswelten. Die Beleuchtung der Suite mischt je nach Wunsch dem einfallenden Tageslicht automatisch Kunstlicht bei. Im Hintergrund ein holografischer Blumenstrauß und ein automatisch fahrender Gepäckwagen.**

# Das Licht-Hotel

Die Beleuchtung von morgen wird ganz neue Erlebniswelten eröffnen. Neben den heute bekannten Lampen werden Technologien auf den Markt kommen, die den Unterschied zwischen Raumlicht, Unterhaltung und Information aufheben. Willkommen in einem Hotel des Jahres 2020.

Wir konnten es schon von weitem sehen: das riesige Schild mit der blauen Schrift „Flitterwochen-Paradies". Der Schriftzug verwandelte sich in ein Bild mit Meer und Palmen und dann wieder in Buchstaben zurück. Das kreisrunde Hotel lag inmitten von Sand und Meer und sah genauso aus wie die kühle Oase, nach der wir uns nach der Hitze und den anstrengenden Hochzeitsfeierlichkeiten so sehnten. „Hier ist es", sagte ich triumphierend zu Laura, die in ihrem weißen Kleid bezaubernd aussah. „Oh, Ray", entgegnete sie

in ihrem langsamen Louisiana-Südstaaten-Tonfall: „Es sieht noch besser aus als im Prospekt!"

Wir stiegen aus, und ich schaltete die Einpark-Automatik meines Wagens ein. Schon rollte ein intelligenter Gepäckwagen heran, der uns mit den Koffern zur Rezeption folgte. Dort begrüßte uns ein hünenhafter Page, der sich als Riccardo vorstellte, und uns zum Fahrstuhl begleitete. „Halten Sie Ihre 'Love Card' einfach hierhin", erklärte er und deutete auf eine silberne Platte an der Fahrstuhl-Glaswand. „Sie bringt Sie direkt auf Ihre Etage."

Oben mussten wir bloß dem Licht folgen, das in den blauen Teppichboden integriert war. Vor uns an der Tür leuchteten die Worte „Willkommen in Sweet 901". Neckisches Wortspiel. Der Gepäckroboter war schon angekommen. Bodenleuchten in Herzform wiesen uns den Weg zum ebenso geformten Bett. Darüber eine Aussicht auf Strand und Palmen, auf einem Tischchen ein holografischer Blumenstrauß. Mir schien es fast zuviel des Guten. In dem Moment veränderte sich die Beleuchtung. Die Wände erstrahlten plötzlich in einem Ton, der perfekt zur Abendsonne passte. „Oh, Ray", murmelte Laura, als sie sich aufs Bett fallen ließ, „das hier ist das schönste ..."

„Darf ich einen Moment um Ihre Aufmerksamkeit bitten", unterbrach uns Riccardo unsensibel. „Ich möchte Sie noch mit ein paar einzigartigen Möglichkeiten dieser Suite vertraut machen." „Ach ja, richtig", sagte ich und langte nach dem Kleingeld in meiner Hosentasche, um ihn aus dem Zimmer zu komplimentieren. Ich erwartete das übliche Geleier über die Minibar hier und den Fernseher dort.

Aber bevor ich Riccardo zum Schweigen bringen konnte, hatte er schon ein kleines Gerät in der Hand und schob die „Love Card" hinein. Auf einmal schien die Wand neben dem Fenster zu verschwinden, und ich erinnerte mich daran, dass ich mich nicht nur wegen der Lage für das Hotel entschieden hatte, sondern auch, weil es mit seinen „Licht- und Erlebniswelten" warb.

„Darf ich?" fing Riccardo noch einmal an. „Das Zimmer hat Wände aus leuchtendem Kunststoff – dasselbe Material, aus dem heute schon viele Fernsehbildschirme sind. Und das hier ist Ihre persönliche Fernbedienung. Sie bietet Ihnen jederzeit die Unterhaltung oder Umgebung, die Ihr Herz begehrt. Sie können wählen zwischen Internet-TV, Bildtelefon, Video-on-demand, Fantasien für Erwachsene, Musik, Licht oder – unser beliebtes, ganz neues Angebot – Erlebniswelten. Aber Achtung: Die sind sehr realistisch."

„Das will ich sehen", sagte Laura und zwinkerte mir amüsiert zu. Jetzt erschien dort, wo zuvor die Wand war, ein Computermenü mit Punkten wie „Strandparadies", „Bergwildnis", „Traum aus Eis" oder „Fremde Planeten". „Ich nehme die ‚Bergwildnis'", sagte Laura. Eine Szene mit zerklüfteten Felsen, Bäumen und Gebirgsbächen erschien. Wirklich wunderbar gemacht. Eichhörnchen flitzten die Bäume rauf und runter. Rehe und Hasen liefen durch die Szene, und all das wurde vom Geräusch herabstürzender Bäche und tosendem Wind begleitet. Ein neues kleineres Menü zeigte nun Elemente wie „Jahreszeit", „Uhrzeit" und „Wetter". „Wenn Sie Ihre Erlebniswelt ausgewählt haben", sagte Riccardo, „können Sie sie nach Ihren Wünschen verändern." „Nach der Hitze im Auto hätte ich gerne einen kühlen Winterabend", bat Laura, und schon wurde im Handumdrehen aus dem Gras Schnee, und Wasser und Himmel nahmen ein eisig kaltes, winterliches Aussehen an.

„Super", sagte ich, stand vom Bett auf und gab Riccardo ein dickes Trinkgeld. Mit einer Dankesverbeugung reichte er mir die Fernbedienung. „Damit können Sie alles steuern", sagte er noch. „Ach so, die Raumbeleuchtung wird automatisch mit einem Anteil Tageslicht gemischt oder – wenn Sie wollen – auf das Wanddisplay abgestimmt." „Vielen Dank nochmals", sagte ich und Riccardo ging.

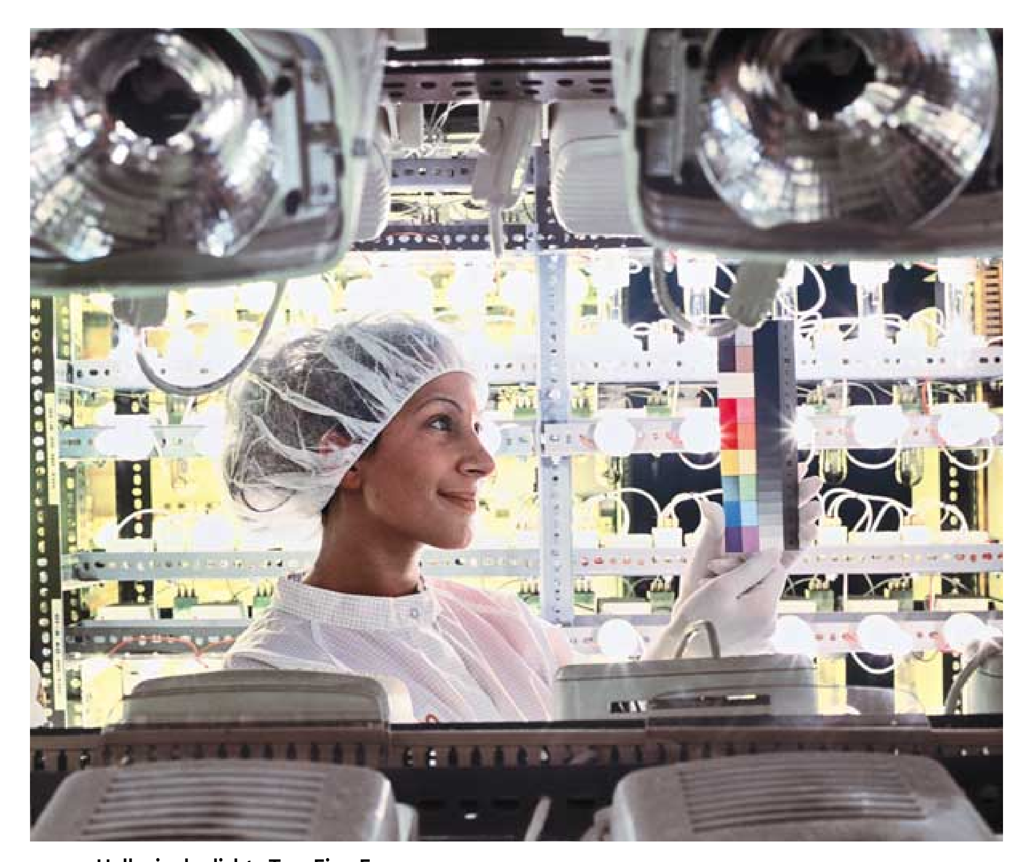
Plötzlich hörte ich hinter mir ein wildes Knurren, das mir einen Adrenalinstoß versetzte. Laura schrie entsetzt. Ein Puma hatte auf dem Wanddisplay eines der Rehe angegriffen, das einen angsterfüllten Ton ausstieß und mit einem verzweifelten Satz in die Büsche sprang. „Mach aus", flehte Laura, und ich ahnte, was Riccardo mit „sehr realistisch" gemeint hatte. Ich nahm die „Love Card" aus dem Gerät, und augenblicklich erhellte den Raum wieder ein freundliches warmes Licht. „Oh, Ray", sagte Laura erleichtert. „Vielleicht sollten wir jetzt doch unsere eigene Erlebniswelt gestalten." ■ *Arthur F. Pease*





# Eine lichte Zukunft

**Die Entwicklung künstlichen Lichts steht erst am Anfang: Kleiner, effizienter und umweltfreundlicher werden die heutigen Lichtquellen. Im Konzept der adaptiven Beleuchtung werden sie in intelligente Netzwerke integriert und mit Tageslicht kombiniert. Und noch eine Revolution steht bevor: Leuchtdioden und leuchtende Kunststoffe werden die Grenzen zwischen Beleuchtung und Display verwischen.**



**Hell wie der lichte Tag: Eine Forscherin überprüft die Farbwiedergabe einer Powerball Hochdruck-Entladungslampe. Osram-Experten arbeiten daran, dass derartig helle und hocheffiziente Lampen künftig ohne Quecksilber auskommen.**

Merkwürdige Dinge passieren in den Lampen, die Kaufhäuser und Fabriken erhellen – Dinge, die selbst Lichtexperten nur schwer erklären können. Ob über Kleiderstangen oder Fließbändern, überall leuchten HID-Lampen (high intensity discharge, Hochdruck-Entladungslampen), die einen Reichtum an Lichtwellenlängen produzieren, der dem Sonnenspektrum sehr nahe kommt. HID-Lampen liefern – auf die hineingesteckte elektrische Leistung bezogen – mehr und besseres Licht als jede andere handelsübliche Lichtquelle. Dennoch sind die physikalisch-chemischen Reaktionen immer noch nicht ganz geklärt, die in diesen „Arbeitspferden" am Arbeitsplatz stattfinden. Doch erst, wenn sie diese verstanden haben, können die Forscher Lampen noch effizienter und damit umweltfreundlicher gestalten.

Genauso wie Leuchtstofflampen erzeugen HID-Lampen Licht durch Gasentladungen und die Anregung von verschiedenen Metallverbindungen (siehe Tabelle S. 36). Doch anders als die Leuchtstofflampen arbeiten HID-Lampen bei einem viel höheren Druck und kommen im Allgemeinen ohne Phosphorbeschichtung aus. Sie leuchten wesentlich heller, als es für den Hausgebrauch nötig wäre, aber für Orte, an denen viel hochwertiges Licht gebraucht wird, sind sie ideal.

Wird eine HID-Lampe eingeschaltet, so entsteht ein Lichtbogen – ein Strom geladener Partikel – zwischen zwei Wolfram-Elektroden. Das Gas im Quarzglaskolben erhitzt sich auf eine Temperatur von 1.200° C und wird zu Plasma. Diese Betriebstemperatur ist hoch genug, um Metallverbindungen verdampfen zu können. Die Metallatome, etwa Natrium, und andere Substanzen wie Metallhalide stoßen mit den Elektronen im Plasma zusammen und emittieren Photonen, die wir als sichtbares Licht wahrnehmen.

HID-Lampen strahlen viel weißes Licht ab – bis zu 120 Lumen pro Watt. Im Vergleich dazu produzieren konventionelle Glühlampen und auch Halogenlampen nur 6 bis 24 Lumen pro Watt, während Niederdruck-Entladungslampen, also Leuchtstofflampen, immerhin bis zu 104 Lumen pro Watt erzeugen. Entladungslampen sind wegen ihrer höheren Effizienz umweltfreundlicher als Glühlampen. Doch beide – Leuchtstoff- und HID-Lampen – haben einen Nachteil: Sie benötigen Quecksilber, ein biologisch nicht abbaubares Gift.

In Leuchtstoffröhren zum Beispiel sind geringe Mengen an Quecksilberdampf nötig, weil dieser fast 75 Prozent der elektrischen Energie, die die Lampe aufnimmt, in ultraviolette Strahlung umsetzt. Diese wiederum wird von der Phosphorbeschichtung der Lampe in sichtbares Licht umgewandelt. In HID-Lampen wird das Quecksilber benötigt, um Metallatome unter hohem Druck dazu zu bewegen, Photonen zu produzieren und das Gas zu stabilisieren. Insgesamt werden in diesen Lichtquellen bis zu 35 Prozent der elektrischen Energie in sichtbares Licht umgewandelt. Quecksilber macht also die Lampen zu sehr effizienten Strahlern, doch es ist umweltschädlich. Darum sind die Forscher der Osram GmbH, einer hundertprozentigen Siemens-Tochter und einem der weltweit führenden Hersteller von Beleuchtungsprodukten, entschlossen, Alternativen zu suchen.

**Eine Zukunft ohne Quecksilber?** „Wenn es uns gelingt, eine Technologie zu entwickeln, bei der diese Lampen bei gleicher Lumenleistung ohne Quecksilber funktionieren, würden wir der Umwelt, den Herstellern und den Verbrauchern einen großen Gefallen tun. Denn die Entladungslampen müssten dann nicht recycelt werden", sagt Scott Butler, der bei der US-Zentrale von Osram in Beverly, Massachusetts, im Bereich Forschung und Entwicklung das HID Systems Labor leitet.

Interessanterweise überschneidet sich das Ziel der Lichtindustrie, quecksilberfreie Produkte zu entwickeln, mit einem anderen wichtigen Trend, nämlich der Entwicklung elektronischer Systeme zur Steuerung der in den Lampen stattfindenden Prozesse. Wenn man Dr. John Gustafson, der bei Osram in den USA für die Forschungsaktivitäten zu-

ständig ist, fragt, was er für die aufregendste Entwicklung hält, antwortet er: „die Elektronik. Um in Zukunft auf Quecksilber verzichten zu können, entwickeln wir elektronische Systeme, die das Strömungsverhalten der Gase beeinflussen. Die Feinabstimmung der Elektronik ist eine Möglichkeit, ohne Quecksilber zu arbeiten und trotzdem eine starke Weißlichtquelle zu haben.“

Um dies zu erreichen, haben die Osram-Forscher das Vorschaltgerät durch ein elektronisches Äquivalent ersetzt, das nur ein Drittel des Gewichts hat. Es bestand in der Vergangenheit im Wesentlichen aus einer Kupferspule mit Eisenkern und diente dazu, die Lampe zu zünden und den Strom zu begrenzen. Im Inneren des neuen elektronischen Vorschaltgeräts ist unter anderem ein Mikrochip, der, so Butler, „das Temperaturprofil im Gas ändern und es homogener gestalten kann. Auch lässt sich der Gasfluss durch elektrische Pulse steuern, was die Effizienz erhöht. Wir denken, dass es damit mittelfristig möglich sein sollte, quecksilberfreie HID-Lampen herzustellen, die in Effizienz, Leistung und Farbwiedergabe den heutigen nicht nachstehen.“

Dennoch: HID-Lampen zu bauen, die ohne Quecksilber funktionieren, ist, als ob man ein Feuer ohne Sauerstoff anzuzünden versucht. Wollte man dies nur über Versuch und Irrtum erreichen, könnte eine Lösung noch Jahrzehnte entfernt sein. Doch dank steigender Rechnerleistung sind viele Irrwege vermeidbar. „Wir wissen heute Dinge, die wir in der Vergangenheit nur vermuten konnten“, meint David Bay, Manager des Fluorescent Systems Lab in Beverly. „Wir können das komplexe Verhalten einer Entladungslampe hinsichtlich Temperaturverlauf, Chemie und Gasfluss immer besser nachbilden.“

**Transparente Keramik.** Tatsächlich hat sich die Simulation bei der Powerball HID-Metalldampflampe von Osram bereits bewährt. Der Keramikbrenner der Lampe – ein Kolben, in dem sich der Lichtbogen und die Gase befinden – ist der erste auf dem Markt, der nicht zylindrisch, sondern wie eine Kugel geformt ist. Dies ermöglicht viel höhere Temperaturen als bei den alten Quarzkolben, da Keramiken mehr Hitze aushalten als Quarz und da die Kugelform eine viel gleichmäßigere Temperaturverteilung ermöglicht als ein Zylinder. „Durch die höhere Temperatur erhalten wir während der gesamten Lebensdauer eine bessere Farbwiedergabe und mehr Licht – bei gleichem Energieverbrauch“, erklärt Butler.

Die Osram-Forscher in Beverly, Berlin und München haben aber mit Powerball noch mehr vor. Derzeit leuchtet der Keramikkolben zum Beispiel in mattem milchigem Weiß: hervorragend, wenn es um Beleuchtung geht.

*__Elektronische__ Steuergeräte können sehr helle und __effiziente Lampen__ ermöglichen, die ganz __ohne Quecksilber__ auskommen.*

Wäre der Brenner jedoch transparent, könnte er auch für Scheinwerfer oder Beamer eingesetzt werden, also in den schnell wachsenden Anwendungsfeldern der Kfz-Industrie und der Präsentationstechnik. Nur: Wie macht man eine Keramik transparent? Heute werden die Kolben aus Keramikpartikeln hergestellt, die miteinander verschmolzen werden. Aber jedes dieser Teilchen streut das Licht. „Wir müssen die Partikel entweder so klein machen, dass sie zur Lichtstreuung nicht beitragen“, sagt Gustafson, „oder so groß, dass sie sich ähnlich wie Saphirkristalle verhalten. Hier geht es also nicht darum, dass die HID-Lampe mehr Licht abgibt, sondern, dass wir das Licht dort konzentrieren, wo es gebraucht wird.“

Wie das Licht der Keramikbrenner scheinen für den Laien auch die Forschungsaktivitäten der Lichtindustrie noch keinen klaren Fokus zu haben. Doch es zeichnen sich durchaus Trends ab, die Schwerpunkte setzen: Lampen werden künftig kleiner, leichter, energieeffizienter und umweltfreundlicher, können besser gedimmt werden sowie länger und zuverlässig weißes Licht produzieren. Ein wichtiger Trend ist auch die Entwicklung hin zu Lampen, die intelligent vernetzt sind und sich je nach Anforderung steuern lassen. Die nötigen Lichtsensoren und Kommunikationsstandards für dieses Lichtmanagement gibt es bereits. „Bisher wurde von unserer Innenbeleuchtung, besonders am Arbeitsplatz, nicht erwartet, dass sie wie natürliches Licht sein soll oder sich unserem Tagesrhythmus anpasst. Doch dies ändert sich zur Zeit und wir bewegen uns auf ein neues Konzept zu, das wir ‚Adaptive Beleuchtung‘ nennen“, erklärt Dr. Reinhard Weitzel, Leiter der Lichtquellen-Forschung in München.

Es geht dabei um eine Verschmelzung von künstlichem und natürlichem Licht, wobei sich die kombinierten Lichtquellen nach dem Tageslichtverlauf und den Bedürfnissen der Menschen verändern sollen. Eine solche Technologie würde, sagen Arbeitspsychologen, unser Wohlbefinden und unsere Arbeitsleistung steigern (siehe Artikel S. 49). Damit nicht genug: Allein in den USA beläuft sich die durch Licht verursachte Energienachfrage auf etwa 60 Gigawatt (GW) Leistung; jedes GW entspricht dem jährlichen Verbrauch von vier Millionen Tonnen Kohle. Würden also die Lampen im Büro, der Fabrik oder zu Hause je nach Sonneneinstrahlung automatisch gedimmt, könnte viel Energie gespart werden.

Zur Endmontage kommen die in Regensburg gefertigten Leuchtdioden-Chips in eine Osram-Fabrik in Malaysia.

**Quecksilberfreie Flachlampe.** Auch die Erforschung quecksilberfreier Produkte macht sich schon bezahlt. Planon, eine revolutionäre Flachlampe mit weißem Licht, ist zu 100 Prozent quecksilberfrei. Sie wurde kürzlich von Osram auf den Markt gebracht, etwa für die sehr gleichmäßige Hinterleuchtung von Flachbildschirmen. Die Planon ist zwar nicht so hell wie konventionelle Leuchtstofflampen, leuchtet aber dank eines patentierten Verfahrens der gepulsten Anregung 100.000 Stunden lang – bei gleichbleibend hoher Lichtleistung. Um die Helligkeit zu verbessern, arbeitet Osram – gefördert vom deutschen Forschungsministerium – an neuen Phosphoren, die ein ultraviolettes Photon absorbieren und dafür zwei Photonen im sichtbaren Wellenlängenbereich abstrahlen. „Davon träumt die Lichtindustrie seit Jahren“, sagt Weitzel, „aber noch sind wir weit davon entfernt.“

Inzwischen überlegen die Osram-Forscher auch, Leuchtdioden (LEDs) in Entladungslampen einzubauen, um deren Farbwiedergabe nach Wunsch beeinflussen zu können. „Das Problem dabei ist, dass LEDs die hohen Temperaturen, die in einigen Bereichen der Leuchtstoffröhre herrschen, nicht vertragen“, erklärt Weitzel. Doch auf anderen Gebieten sind LEDs bereits dabei, die Beleuchtung zu revolutionieren (siehe S. 38). Schon heute findet man sie vielerorts – vom Anzeigelämpchen im Computer oder Auto über Ampeln bis zum Handy-Blitzlicht (siehe S. 4).

LEDs markieren eine fundamentale Veränderung in der Lichterzeugung. „Anstatt einen Wolfram-Faden oder Gas zu erhitzen, erzeugen LEDs das Licht direkt aus dem Elektronenfluss im Halbleitermaterial“, erklärt Dr. Makarand H. Chipalkatti, Leiter der Abteilung Lampenmodule bei Osram Opto Semiconductors in Danvers, Massachusetts. Nach Chipalkattis Prognose wird es in den nächsten Jahrzehnten zusätzlich zu den traditionellen Lichtquellen immer mehr LED-basierte Systeme geben, die beispielsweise in Wände, Decken oder Möbel integriert sein werden. „Einige LEDs haben jetzt schon Lebensdauern von 100.000 Stunden. Und man kann sie miteinander kombinieren und alle möglichen Farben erzeugen. Außerdem können sie in der Stromausbeute 100 Lumen pro Watt und mehr erreichen“, fügt Chipalkatti hinzu. „Wenn es uns dann noch gelingt, den Preis pro Lumen zu senken, haben wir das Ziel erreicht.“

Ganz analog zur Computerindustrie in den 70er Jahren bewegt sich die heutige Lichtindustrie hin zu kleineren, flexibleren, leistungsstärkeren, vielfach einsetzbaren und miteinander vernetzten Produkten. Irgendwann werden auch organische Leuchtdioden (OLEDs) – hauchdünne leuchtende Kunststoffe, die heute ihre ersten Anwendungen erleben (siehe S. 45) – den Unterschied zwischen Licht und Information verschwimmen lassen. Dann werden wir vielleicht in Wohnungen leben, in denen Lichtwände – Tapeten aus OLED – sowohl für Videotelefonie wie auch als Fernseher, Internetzugang oder für viele andere Dinge genutzt werden.

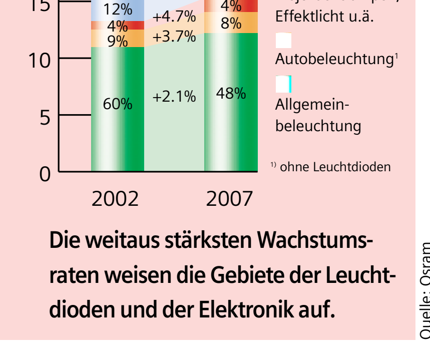
*Arthur F. Pease*



## Merkmale und Anwendungsbereiche von Weißlichtquellen

| Lichtquelle | Leuchtprinzip | el. Leistung | Effizienz | Lebensdauer | Heutiger Einsatzbereich |
|---|---|---|---|---|---|
| **Glühlampe** | Wolfram-Faden wird durch elektrischen Strom zum Glühen gebracht | 15 – 1.000 Watt | 6 – 12 lm/W (Lumen/Watt) | ca. 1.000 h (Stunden) | Allgemeinbeleuchtung |
| **Halogenlampe** | Wolfram-Wendel / Halogen-Gas regeneriert Wolfram an der Wendel, verhindert Ablagerungen am Glas | 5 – 2.000 W | 12 – 24 lm/W | 2.000 – 4.000 h | Heimbeleuchtung / Beleuchtung im kommerziellen Bereich |
| **Leuchtstofflampe** (einschließlich Kompaktleuchtstofflampen) | Elektronen ionisieren in einer Niederdruckröhre Quecksilberdampf. Der sendet ultraviolette Strahlung aus, die durch Leuchtstoffe (Phosphore) in sichtbares Licht umgewandelt wird | 4 – 150 W | 60 – 104 lm/W | 8.000 – 60.000 h | Büro / Industrie / Heim |
| **Hochdruck-Entladungs-Lampe (HID)** | Lichtbogen zwischen Wolfram-Elektroden erhitzt unter hohem Druck Gas und Metalle | 38 – 2.100 W | 70 – 120 lm/W | 6.000 – 20.000 h | Beleuchtung in Industrie und Handel, kommerzieller Bereich |
| **Leuchtdiode (LED)** | Durch Rekombination von Elektronen und Löchern im Halbleiter entsteht elektromagnetische Strahlung | etwa 1 W | 20 – 30 lm/W | 20.000 – 100.000 h | Anzeigelämpchen, Rücklichter, Signalanlagen, Hinterleuchtungen |
| **Organische Leuchtdioden (OLED)** | Bestimmte Kunststoff-Materialien leuchten, wenn sie von elektrischem Strom durchflossen werden | Anwendungsabhängig | Anwendungsabhängig | Anwendungsabhängig | Kleine Displays, etwa bei Mobiltelefonen oder Haushaltsgeräten |

## Weltmarkt Beleuchtung




**Die weitaus stärksten Wachstumsraten weisen die Gebiete der Leuchtdioden und der Elektronik auf.**

Quelle: Osram



Breites Spektrum: Ob als Beleuchtung für die Glasfassade einer Halle des Hotels Weggis am Luzerner See, wo 84.000 LEDs von Osram zum Einsatz kommen, oder als Anzeigelämpchen und Hinterleuchtungen (rechts unten) – Leuchtdioden erschließen sich immer breitere Anwendungsfelder.

# Ganz schön helle

**Leuchtdioden sind wahre Tausendsassas: Sie leben lange, sparen Strom und liefern immer mehr Licht. In einigen Jahren könnten sie der Glühlampe Konkurrenz machen.**

Finster und kühl ist es in dem dunklen Raum. Dr. Norbert Stath knipst einen Schalter an, und die Umgebung scheint im Licht funkelnder Sterne zu erstrahlen. Plastikrosen werden von Hunderten von Lichtpünktchen erleuchtet, eine Lichtorgel spielt Töne und Farben, und ein Spielautomat lädt blinkend zum Zocken ein. Aber auch „ernste" Anwendungen gibt es im Showroom von Osram Opto Semiconductors in Regensburg. Zum Beispiel eine Ampel oder ein Notausgang-Schild. Stath, der Leiter des Innovationsmanagements, deutet auf diverse Auto-Heckleuchten. Phaeton, Maybach und andere illustre Name fallen. Alle Exponate hier haben eines gemeinsam: Sie werden von Leuchtdioden, kurz LEDs, erhellt. Die Stecknadelkopf kleinen Lämpchen sind uns bestens vertraut. Sie sagen uns, welches Waschprogramm eingestellt ist, ob der Airbag im Auto funktioniert und sie sorgen in Fahrradscheinwerfern auch im Stehen für Sicherheit. In Zukunft sollen die winzigen Stars aber zunehmend auch dort zum Einsatz kommen, wo heute Glühlampen oder Leuchtstoffröhren ihre Arbeit verrichten: Als Frontscheinwerfer in Autos, als Blitzlicht in Handy-Kameras (siehe Artikel S. 4) oder als Beleuchtung im Wohnzimmer.

Zweistellige Wachstumsraten prophezeien die Marktforscher den Opto-Halbleitern. Dr. Wolf-Dieter Bopst, Vorsitzender der Geschäftsführung bei Osram, beziffert den Gesamtmarkt fürs Jahr 2007 auf rund sieben Milliarden Euro. Diese exzellenten Aussichten waren ein Grund dafür, dass Osram im April 2003 bei Regensburg die modernste Optochip-Fabrik der Welt eröffnete. Damit kann Osram bis 2005 seine Produktionskapazität für Opto-Halbleiter glatt verdoppeln.

Bis Leuchtdioden aber zum Universalleuchtmittel aufsteigen, haben die Forscher und Entwickler noch einige Arbeit vor sich. Während die Lebensdauer bei roten LEDs von bis zu 100.000 Stunden Spitze ist (Glühbirne: 1.000 Stunden), reicht ihre Helligkeit für viele Anwendungen noch nicht aus. Vor allem die begehrten weißen LEDs, die über zusätzliche Leuchtstoffe aus blauem Licht gelbes und in der Summe weißes Licht zaubern, hinken klassischen Leuchtmitteln noch hinterher.

*Verglichen mit der* ***Effizienz*** *von Leuchtdioden sind* ***Glühlampen*** *nichts weiter als* ***Heizkörper****, die noch ein wenig leuchten.*

**LED für Olympia.** Bei großen Displays für Reklametafeln und Sportstadien sind LEDs bereits konkurrenzlos. Ihr Stromverbrauch ist moderat und die Wärmeerzeugung daher gering. Die LEDs für die einzelnen Bildpixel können unabhängig voneinander angesteuert werden, der Bildschirm lässt sich daher in jede Richtung biegen oder sogar um die Ecke bauen. Die Ausrichter der Olympischen Spiele 2008 in Peking planen hunderte Quadratmeter große LED-Bildschirme auf den Außenwänden der Stadien, auf denen die Wettkämpfe übertragen werden sollen. Von den drei Grundfarben rot, grün und blau bereiten derzeit allerdings noch die grünen LEDs wegen ihres geringen Wirkungsgrades Sorgen.

Die Entwickler verfolgen mehrere Strategien, um die Lichtausbeute zu erhöhen:

→ Chipmaterial: Durch optimierte Herstellungsprozesse sollen die Materialeigenschaften besser gesteuert und Materialdefekte vermieden werden. Wichtig ist die gezielte Dotierung der Halbleiter mit Fremdatomen. Wenn im Halbleiter ein Elektron und ein Loch rekombinieren, wird Licht ausgesandt. Ist die Dotierung aber nicht optimal, gehen viele Elektronen für die Lichtumwandlung verloren, weil sie von den „falschen" Atomen eingefangen werden. Der Quantenwirkungsgrad – die Ausbeute bei der Umwandlung von Elektronen in Photonen –, liegt heute je nach Wellenlänge bei 15 bis 30 Prozent und soll in Richtung 50 Prozent gesteigert werden. Ein höherer Quantenwirkungsgrad würde zudem die Wärmeverluste verringern, die bei dicht gepackten LEDs – etwa in Heckleuchten – zu Hitzeproblemen führen können. Ein Hitzestau wiederum lässt den Wirkungsgrad im Halbleiter sinken – eine Katze, die sich in den Schwanz beißt.

→ Chipdesign: Mit bloßem Auge erscheinen LEDs als Klötzchen mit wenigen Zehntel Millimeter Kantenlänge – schaut man mit dem Mikroskop genauer hin, erkennt man jedoch fein strukturierte Gebilde. Mit teils bizarren Formen wie einer auf der Spitze stehenden Pyramide versucht man, die Lichtausbeute zu erhöhen. Denn nur ein kleiner Teil der Lichtphotonen schafft den Weg aus dem Halbleiter, weil dieser eine hohe Brechzahl von teilweise über drei hat, was an den Grenzflächen den Anteil der Totalreflexion erhöht (siehe Grafik S. 41): Licht, das schräg aus dem Chip heraus möchte, wird ins Innere zurück reflektiert, wo es schließlich absorbiert wird – ähnlich dem Licht einer Taucherlampe, mit der man in flachem Winkel von unten gegen die Wasseroberfläche leuchtet. Ein Durchbruch gelang Osram vor zwei Jahren: Normalerweise wachsen die leuchtaktiven Halbleiterschichten auf einem Substrat aus Galliumarsenid, Siliziumkarbid oder Saphir, das der fertigen LED als Trägermaterial dient. Die Osram-Forscher entfernten dagegen das lichtschluckende Substrat und brachten einen Metallfilm auf, der zur Befestigung auf einem Fremdsubstrat und zugleich als Spiegel diente. „Mit dieser Dünnfilmtechnologie haben wir mit einem Schlag die Lichtausbeute verdoppelt", schwärmt Norbert Stath.



→ Gehäusedesign: Verluste entstehen auch an der Grenze zum Vergussmaterial aus Kunst-

stoff. Der hat eine Brechzahl von 1,5, also nur etwa die Hälfte der des Halbleiters. Die Brechzahlen sollten sich aber möglichst wenig unterscheiden, weil dann die Totalreflexion abnimmt – schon eine geringe Erhöhung der Brechzahl des Vergussmaterials würde also den Lichtaustritt merklich verbessern.

**Viel effizienter als Glühbirnen.** Wenn alle Maßnahmen greifen, müssten in zehn Jahren weiße LEDs mit einer Lichtausbeute von 100 Lumen pro Watt (lm/W) machbar sein. Die besten LEDs schafften bisher 25 bis 30 lm/W, doch die neue „Golden Dragon" von Osram erreicht bis zu 40 lm/W – bei 50.000 Stunden Lebensdauer. 2005 werden sogar Exemplare mit 50 lm/W auf den Markt kommen, verspricht Stath. Verglichen damit ist eine Glühlampe mit 12 lm/W und einem Wirkungsgrad von fünf Prozent bloß eine Heizung, die noch ein bisschen leuchtet. Laut Theorie dürfte die physikalische Obergrenze erst bei 200 lm/W erreicht sein. „Die Praxis wird aber wohl hinter diesem Wert zurückbleiben", vermutet Stath.

Eine besonders heiße Spur sind Leistungslaserdioden. Sie besitzen zusätzlich einen optischen Resonator, in dem sich das Licht zu extremer Intensität aufschaukelt. Für Infrarotlicht gibt es bereits Labormuster von Osram, die in einem circa ein mal zehn Millimeter kleinen Stäbchen bei etwa 50 Prozent Wirkungsgrad im kontinuierlichen Betrieb eine optische Leistung von 80 Watt erzeugen und deshalb mit Wasser gekühlt werden müssen. Die Firma Continental Temic hat mit derartigen Pulslasern ein Abstandskontrollsystem für Autos entwickelt, das günstiger ist als die Radar-gestützten Varianten. „Man kann mit Infrarot-Lasern auch die Fahrbahn ausleuchten und mit einem Nachtsichtgerät die Nacht zum Tag machen", sagt Stath.

Mit infrarotem Licht wollen sich die Osram-Forscher aber nicht zufrieden geben. Sie möchten die extreme Lichtausbeute der Leistungslaser auch für sichtbare Wellenlängen nutzen, vor allem für blaues und grünes Licht. Dazu experimentieren sie mit optischen Kristallen, die aus 3 Watt Infrarotlicht 0,5 Watt sichtbares Licht erzeugen. Im Labor funktioniere das schon, sagt Stath, an der Miniaturisierung werde gearbeitet. Bei Erfolg könnten diese Laser in der Projektionstechnik breite Anwendung finden. So könnte das vor Jahren hochgelobte, inzwischen aber totgesagte Laser-TV doch noch ein Renner werden. Statt großer und teurer Feststofflaser kämen kleine Halbleiterlaser zum Einsatz und der Weg zum Großbild-Projektionsfernseher stünde offen.

**Entwicklung wie bei Mikrochips.** Roland Haitz, früherer LED-Forscher bei Agilent, hat analog zum Moore'schen Gesetz bei Mikrochips errechnet, dass die Lichtausbeute bei roten LEDs seit Ende der 1960er Jahre alle zehn Jahre um das 20-fache steigt, wobei das Tempo in den letzten Jahren noch zugenommen hat. Gleichzeitig sinkt der Preis pro Lumen jede Dekade auf ein Zehntel.

Für weiße LEDs verläuft der Trend ähnlich (siehe Grafik unten): Um 2015 kämen nach Haitz' Prognosen weiße Leuchtdioden in Preis- und Leistungsregionen, die für Beleuchtungszwecke attraktiv sind. Kalkuliert man die weit höhere Lebensdauer und den geringeren Stromverbrauch ein, würde sich die „LED-Birne" schon Ende dieses Jahrzehnts rechnen. Eine 75-Watt-Glühbirne hat etwa 900 Lumen, das erreicht man mit weißen LED-Lampen etwa 2006, wobei diese jedoch nur 25 Watt elektrische Leistung benötigen. Um 2020 könnten Lampen mit gebündelten LEDs dann bis zu 100.000 Lumen erreichen und damit laut Haitz auch Einsatzgebiete wie die Stadionbeleuchtung „attackieren".

Ihm geht das alles dennoch zu langsam. Haitz fordert die Regierungen der Industrienationen auf, mehr Geld in die LED-Entwicklung zu stecken. Sein Argument: Allein in den USA ließen sich durch den Austausch aller konventionellen Leuchtmittel gegen LEDs 40 große Kraftwerke einsparen. „Ich bin überzeugt, dass LEDs die Beleuchtung revolutionieren und zur dominanten Lichtquelle werden", sagt er.

**LED im Speisesaal.** Viele Branchen entdecken erst jetzt die Möglichkeiten der Leuchtdioden. Möbeldesigner und Architekten setzen LEDs zur Akzent- und Markierungsbeleuchtung und für Lichteffekte ein – wie im Parkhotel im schweizerischen Weggis. Dort illuminieren 84.000 rote, grüne und blaue Leuchtdioden die gefrosteten Glaswände des Speisesaals und sorgen für wechselnde Lichtstimmungen.

Neue Freiheiten beim Design sind neben der Haltbarkeit auch für die Autobauer interessant. 700 Millionen LEDs verbaut allein Siemens VDO pro Jahr als Cockpitbeleuchtung in Autos. 320 LEDs glimmen in jedem Audi A8. Der Trend gehe allerdings weg von vollgesättigten Farben wie dem Volkswagen-Blau oder dem BMW-Orange und hin zu Mischfarben oder gar zu Weiß wie in der neuen Mercedes E-Klasse, beobachtet Dr. Heinrich Noll, Abteilungsleiter Optik/Lichttechnik bei Siemens VDO. Augenärzte vermuten, dass Licht mit einer breiten Wellenlängenverteilung wie bei Weiß das Auge weniger ermüdet.

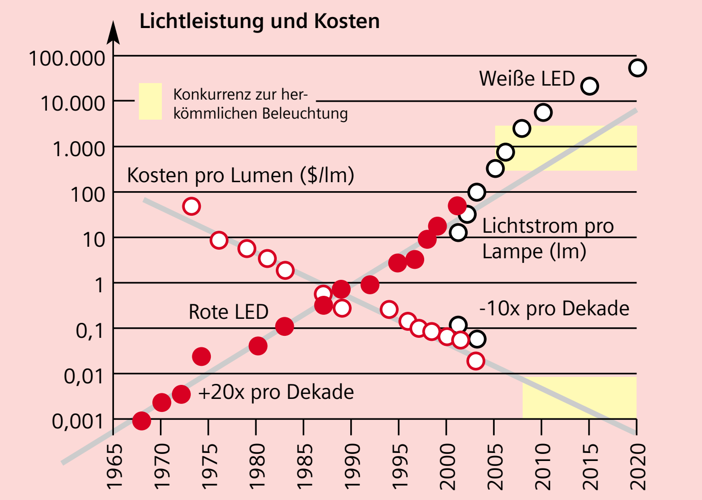
Als nächstes dürften die in Japan beliebten Black-Panel-Displays Europa erobern. Erst beim Anlassen scheinen die LEDs von hinten durch die schwarze Scheibe des Cockpits. Dazu braucht man besonders helle LEDs. Auch in Head-up-Displays, die erstmals im neuen 5er-BMW in die Windschutzscheibe spiegeln, leuchten sehr helle LEDs. Siemens VDO hat auch Cockpits vorgestellt, bei denen der Fahrer seine Lieblingsfarbe selbst wählen kann. „Wenn der Kraftstoff zur Neige geht, könnte der Tankzeiger seine Farbe von grün auf rot ändern", schwärmt Noll.

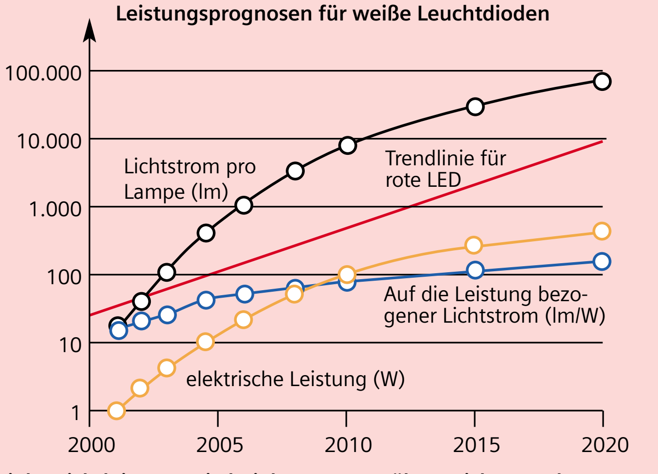
**Scheinwerfer mit LED.** Größte Herausforderung am Auto sind die Frontscheinwerfer. „Wir rechnen noch in diesem Jahrzehnt mit dem futuristischen LED-Licht auf der Straße", sagt Osram-Chef Wolf-Dieter Bopst. Davon wären nicht nur Designer begeistert, auch die Ingenieure könnten die Fahrbahn viel exakter ausleuchten und bei adaptiven Scheinwerfern das Licht leichter in die Kurve schwenken lassen. Wo Kosten nicht die entscheidende Rolle spielen, werden weiße LEDs schon heute in Scheinwerfern eingesetzt, zum Beispiel in der Siemens-Europalokomotive der Baureihe 189. Weil die Lok in 14 Ländern Europas fahren soll, muss sie auch die unterschiedlichen Richtlinien bei der Beleuchtung befolgen. Das Dreilichtspitzensignal muss je nach Land und Fahrzustand (Vorwärts, Rückwärts, Rangieren und ähnliche) viele Muster in verschiedenen Farben, teils mit Blinkfunktion, abbilden. „In jedem unserer Scheinwerfer stecken 248 weiße, 66 grüne und 102 rote LEDs mit großer Helligkeit", sagt Christian Thoma, Projektleiter bei Siemens Transportation Systems.

Doch auch wenn alle technischen Hürden überwindbar erscheinen, werden Glühlampe, Leuchtstoffröhre und Co. noch lange nicht vom Markt verschwinden. „LEDs werden sich langsam hochdienen müssen", glaubt Norbert Stath. Dort wo die Vorteile der LED – kleine Abmessungen, Farbe, Langlebigkeit – ins Gewicht fallen, wird sie sich schneller durchsetzen. Die Glühlampe, von der weltweit jedes Jahr 15 Milliarden Stück verkauft werden, wird sie noch lange nicht verdrängen. Ein kleiner Trost: Auch die Glühlampe hat sich noch nicht wirklich durchgesetzt: Jedes Jahr werden allein in Deutschland noch 114.000 Tonnen Kerzen verkauft.

*Bernd Müller*

## Das Moore'sche Gesetz der Leuchtdioden




Leuchtdioden eignen sich nicht nur für Spezialanwendungen. Sowohl bei der Lichtleistung wie bei den Kosten nähern sich LEDs den Bereichen (gelb markiert), in denen Lampen mit Leuchtdioden den konventionellen Beleuchtungen Konkurrenz machen könnten (Lumen gibt die von einer Lichtquelle in alle Richtungen abgestrahlte Leistung an, gewichtet mit der Empfindlichkeit des menschlichen Auges).

Quelle für beide Grafiken: Roland Haitz, Vortrag vor der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, März 2003





**Die LED-Lok: Für die neue Europalokomotive BR 189 hat Siemens einen Scheinwerfer mit über 400 LEDs entwickelt, der die unterschiedlichsten Lichtbilder erzeugen kann.**

## Der Weg des Lichts aus einer Leuchtdiode

**In konventionellen LEDs gelingt es nur wenigen Photonen, nach oben zu entkommen. Viele werden reflektiert oder im Substrat absorbiert. Ein Ausweg: Ein spiegelnder Metallfilm unter der aktiven Schicht verdoppelt die Lichtausbeute auf 50 lm/W (rechts).**

elektrischer Kontakt
Fensterschicht
Aktive Schicht
Substrat
elektrischer Kontakt

# Kleine Lichter – große Wirkung

Vielen Menschen waren Leuchtdioden (LEDs) bis vor kurzem nur vertraut von den punktförmigen Anzeigen an Computermonitoren, Druckern oder Fernbedienungen. Doch dank der jüngsten technischen Fortschritte bei Materialien und Herstellungsverfahren (siehe Artikel S. 38) könnten LEDs künftig noch weit mehr Einsatzbereiche von Grund auf verändern.

Dank ihrer kleinen Abmessungen, ihrer hohen Effizienz und ihrer langen Lebensdauer werden LEDs in Zukunft auch in Bereichen eine wichtige Rolle spielen, die bislang von anderen Lichtquellen dominiert wurden. Auch wenn LEDs pro Lumen (Lichtleistung) noch teurer sind als Glühlampen oder Leuchtstoffröhren, so sind sie doch heute schon gut geeignet für Verkehrsampeln, Eisenbahnsignale oder Flugfeldbeleuchtungen – also Stellen, an denen eine durchgebrannte Glühbirne ein ernsthaftes Sicherheitsrisiko darstellen kann und das Auswechseln teuer ist.

**Handys und Fahrzeuganwendungen.** LEDs werden auch schon immer öfter in der Automobilindustrie eingesetzt, so für die Beleuchtung des Armaturenbretts, als Rückleuchten und künftig auch als Scheinwerfer. In Mobiltelefonen, Westentaschencomputern (PDA) sowie digitalen Foto- und Videokameras dienen sie als Hinterleuchtung der Flüssigkristall-Displays (LCD). „Die hell leuchtenden LEDs sind derzeit ein echter Lichtblick auf dem ansonsten eher düsteren Markt für Halbleiter und optische Komponenten", stellt Robert Steele fest, Leiter für Optoelektronik bei Strategies Unlimited, einem Marktforschungs- und Consulting-Unternehmen mit Sitz in den USA.

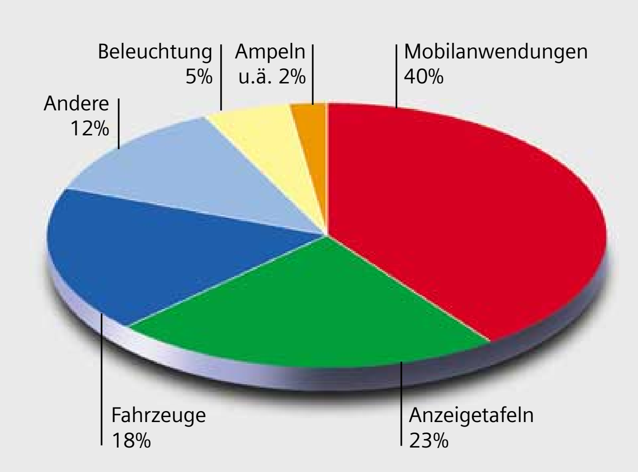
Während sich die Märkte für die meisten elektronischen und optischen Komponenten seit dem Boom im Jahr 2000 stetig verschlechtert haben, fanden Steeles Marktforscher heraus, dass der Markt für High-Brightness LEDs im Jahr 2002 auf 1,8 Milliarden Dollar gewachsen ist. „Einer der Hauptgründe war sicherlich der verstärkte Einsatz dieser Leuchtdioden für Hinterleuchtungen der Flüssigkristall-Displays, etwa bei Mobiltelefonen", so Steele. Wegen der „weiterhin positiven Trends in diesem dynamischen Markt" prognostiziert er bis 2007 ein Wachstum um jährlich fast 20 Prozent auf dann über vier Milliarden Dollar. Der Gesamtmarkt für LEDs und LED-Module umfasste nach Angaben von Osram im Jahr 2002 rund 2,7 Milliarden Euro und soll bis 2007 auf circa sieben Milliarden Euro ansteigen.

Dennoch liegt der LED-Markt im Vergleich zum Weltmarkt für Beleuchtung immer noch bei eher bescheidenen 15 Prozent – bis 2007 dürfte er auf etwa 28 Prozent anwachsen. In derselben Zeit wird der gesamte Weltmarkt für Beleuchtung von heute 18,2 Milliarden Euro auf dann 25,3 Milliarden Euro zunehmen (siehe auch Grafik S. 37).

**Künftige LED-Märkte.** Der größte Markt, den LEDs einmal erobern könnten, ist der der Haus- und Industriebeleuchtung, doch bis dahin muss die Branche die Lumenleistung pro Watt (siehe S. 40) noch deutlich erhöhen und die Kosten senken, meint Robert Moran, Branchenanalytiker bei der amerikanischen Business Communications Company: „In 10 bis 20 Jahren werden die LEDs die Führung übernehmen." Kurzfristig könnten aber, wie Moran glaubt, „weitere dramatische Verbesserungen in der Lichtleistung, die im nächsten Jahr anstehen, den Einsatz von LEDs bei neuen Applikationen, von der Zahnmedizin bis zur Inneneinrichtung, ankurbeln".

Auch das Beratungsunternehmen Frost & Sullivan ist überzeugt, dass die Verbesserungen der LEDs den Kunden in den nächsten zehn Jahren „echte Wettbewerbsvorteile" bieten werden. Außerdem würden die hohe Effizienz, die lange Lebensdauer, der niedrige Strombedarf und damit der Nutzen für die Umwelt die weitere Verbreitung weißer LEDs stark fördern.

Es wundert deshalb nicht, dass Roland Haitz, selbstständiger Berater und ehemaliger Leiter für Forschung und Entwicklung bei Agilent Technologies, die LEDs nach der Glühlampe und der Leuchtstoffröhre als „die dritte große Revolution in der elektrischen Beleuchtung" bezeichnet. In den USA will die Next Generation Lighting Initiative, der die größten LED-Hersteller der Welt angehören, die weitere Verbreitung der Leuchtdioden fördern. Auch die US-Regierung zeigt sich überzeugt. Sie erwägt, neue Gesetze zu erlassen, die die Forschung und Verbesserung von weißen LEDs über die nächsten zehn Jahre mit 500 Millionen Dollar fördern sollen. *Peggy Salz*




**Bereits heute ist das Anwendungsspektrum von Hochleistungs-Leuchtdioden sehr breit (links) – und es wächst weiter, ebenso wie der entsprechende Markt (unten). Der gesamte Weltmarkt für LEDs und LED-Module betrug im Jahr 2002 rund 2,7 Milliarden Euro, angeführt von den Firmen Nichia (19%) und Osram (11%).**

**WELTMARKT FÜR HOCHLEISTUNGS-LEDS BIS 2007 (IN MILLIONEN DOLLAR)**

| | 2001 | 2002 | Veränderung 2001-2002 | 2007 | DJWR* 2002-2007 |
|---|---|---|---|---|---|
| LEDs | 1.266,1 | 1.454,1 | 14,8 % | 3.398,8 | 18,5 % |
| Trägermaterialien | 265,9 | 305,3 | 14,8 % | 741,3 | 19,4 % |
| Gesamt | 1.532,0 | 1.759,4 | 14,8 % | 4.141,1 | 18,7 % |

Quelle: Business Communications Company Inc. (2002)
*Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate







**Dr. Arpad Bergh ist Präsident des US-Verbandes der optoelektronischen Industrie mit Sitz in Washington D.C. Nach dem Studium der physikalischen Chemie arbeitete Bergh viele Jahre bei den Bell Laboratories und Bellcore auf den Gebieten Laser, LED und Photonik. Während seiner Tätigkeit bei den Bell Labs war er Koautor von „Light Emitting Diodes". Dieses Buch erschien 1976 und gilt heute noch als eines der Standardwerke über LEDs.**

# „Leuchtdioden werden einen Paradigmenwechsel verursachen"

***Wie werden unsere Lampen Ihrer Meinung nach in 10 bis 20 Jahren aussehen?***

**Bergh:** Es wird bei der Beleuchtung einen weiteren Paradigmenwechsel geben, den dritten in der Festkörpertechnologie. Der erste war der Ersatz der Elektronenröhren durch Transistoren. Der nächste Schritt kam, als für die Bildschirme Flüssigkristall-Displays (LCD) an Stelle der Elektronenstrahlröhren traten. Und den dritten Paradigmenwechsel bringen nun Leuchtdioden aus Halbleitermaterialien (LED) und organische Leuchtdioden aus Kunststoffen (OLED), die in Zukunft die derzeit am meisten verwendeten Lampen – die Glühlampen und die Leuchtstoffröhren – ersetzen werden.

***Wann wird dies voraussichtlich passieren?***

**Bergh:** Bei der Beleuchtung muss man unterscheiden, ob der Betrachter in die Lichtquelle schaut oder das reflektierte Licht wahrnimmt. Der erste Bereich umfasst beispielsweise die Signalgebung und großflächige Außenanzeigen. Hier halten die LEDs schon Einzug, weil sich mit ihnen bestimmte Farben, wie die der Ampeln, besonders gut darstellen lassen. Für die Innenraumbeleuchtung braucht man aber nach wie vor weißes Licht. Dies mit LEDs zu erzeugen, ist noch nicht besonders wirtschaftlich – aus verschiedenen Gründen, die von der erreichbaren Lichtausbeute bis zu Problemen mit der Alterung reichen. LEDs sind ideal für mobile Anwendungen, etwa in Autos, Flugzeugen, Schiffen oder Bahnen. Hier beginnt ihr Siegeszug, weil sie langlebig, klein und strapazierfähig sind und weil der benötigte Niedervolt-Gleichstrom leicht zur Verfügung steht. Als Lichtquellen für reflektiertes Licht – etwa die Raumbeleuchtung – werden meines Erachtens LEDs frühestens in 10 bis 20 Jahren zum Einsatz kommen.

***Wann werden die organischen Leuchtdioden breit eingesetzt werden?***

**Bergh:** OLEDs gibt es erst seit ungefähr zehn Jahren, LEDs seit dreißig. Die Entwicklung der OLEDs ist deshalb noch nicht so weit vorangekommen. Eine Lichtquelle muss Licht wirtschaftlich erzeugen, sie muss langlebig sein und ihre Farbe muss kontrollierbar sein. All diese Eigenschaften konnten für OLEDs gezeigt werden, aber nicht für ein und dieselbe Konstruktion. Und sie haben ein weiteres Problem: Ihr Material reagiert auf Sauerstoff und Wasserdampf. Sie müssen also luftdicht verkapselt werden. Dennoch: Bei kleinen Displays wie bei Handys können OLEDs schon jetzt zur Anwendung kommen.

***Welche Vorteile haben OLEDs verglichen mit LEDs?***

**Bergh:** Ihr Hauptvorteil sind die geringen Kosten. Organische Stoffe – Kunststoffe – sind preiswert, und lassen sich großflächig herstellen. Wände oder Decken kann man mit OLEDs beschichten. Im Gegensatz zu LEDs, die teure Materialien erfordern und punktförmige Lichtquellen ermöglichen, leuchten OLEDs zwar nicht sehr hell, aber sie können großflächiges Licht erzeugen. Außerdem bringen sie gute Voraussetzungen für die Anwendung als Displays mit: Sie sind schnell, videotauglich und haben, anders als heutige LCDs, einen großen Sichtwinkel.

***Wie könnte dann die Beleuchtung der Zukunft aussehen?***

**Bergh:** Die meisten Leute stellen sich vor, dass neue Lichtquellen die alten eins zu eins ersetzen. Aber das ist falsch. Vor 60 Jahren war das Radio noch ein großer Kasten voller Elektronenröhren. Heute passt es in eine Armbanduhr und ist außerdem sehr billig. Ebenso wie Transistorradios nicht an die Stelle der alten Kästen getreten sind, sondern eher deren Funktion ersetzt haben, findet auch bei Lampen ein Paradigmenwechsel statt. Wir werden nicht die Lampen, sondern die Beleuchtung verändern. Heutige Lampen benötigen Platz. An unseren Decken gibt es Befestigungen für sie, und im Auto erfordern Scheinwerfer und Rückleuchten große Ausschnitte in den Karosserien. Die Lichtquellen der Zukunft werden um einiges kleiner sein. Aus dreidimensionalen Lampen werden zweidimensionale Lichtquellen, und die neue Beleuchtung kann überall integriert werden. Sie wird Bestandteil von Möbeln, Wänden und Decken sein – und zwar ein dauerhafter Bestandteil, weil ihre Lebensdauer wesentlich länger ist als die heutiger Lichtquellen.

***Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit LEDs künftig für die Beleuchtung eingesetzt werden können?***

**Bergh:** Die Lichtausbeute ist ein wichtiges Kriterium. Mit 20 bis 30 Lumen pro Watt liegt die Ausbeute von LEDs höher als die von Glühlampen, die eine Ausbeute von ungefähr 16 Lumen pro Watt haben. Aber bevor

LEDs für die alltägliche Beleuchtung eingesetzt werden können, muss ihre Ausbeute höher liegen als die von Leuchtstofflampen, also bei 85 bis 100 Lumen pro Watt. Und wirklich interessant werden LEDs erst in noch höheren Effizienzbereichen. Das technische Problem dabei ist, dass die interne Quantenausbeute einer LED zwar sehr hoch ist, dass aber nur ein geringer Teil des Lichts aus dem Bauteil ausgekoppelt werden kann. Bei der Signaltechnik haben LEDs aber trotzdem den Vorteil einer hohen Effizienz, denn Glühlampen – etwa in Ampeln – erzeugen 16 Lumen pro Watt. Der rote Filter schluckt 90 Prozent davon, das heißt die rote Ampel strahlt mit 1,6 Lumen pro Watt. Eine rote LED hingegen liefert ausschließlich rotes Licht. Das macht LEDs gegenüber gefiltertem weißen Licht viel effizienter.

> *Künftig werden **Leuchtkörper** an Wänden wahlweise als **Raumbeleuchtung** dienen können oder als **Informations-Display**.*

***Würde eine Beleuchtungstechnologie mit Leuchtdioden unseren Lebensstil ändern?***
**Bergh:** An der Beleuchtungsindustrie ging das Informationszeitalter bisher fast spurlos vorbei. Das wird aber nicht immer so bleiben: Künftig könnten Leuchtkörper – beispielsweise organische Leuchtdioden an Wänden – wahlweise als Raumbeleuchtung dienen oder als Display. Flache Displays könnten überall integriert sein. LEDs lassen sich zudem einfach mit Mikrochips verbinden, die für gewisse Intelligenz in der Beleuchtung sorgen: Das Licht geht an und aus, wie Sie es brauchen, und es wird immer das Licht sein, das Sie gerade wünschen. Farbe, Helligkeit und Abstrahlrichtung lassen sich der jeweiligen Situation optimal anpassen.

***Welche weiteren Vorteile sehen Sie noch?***
**Bergh:** Ein wesentlicher Vorteil ist der geringere Stromverbrauch, also eine bessere Umweltverträglichkeit. Die Kleinheit der LEDs gibt den Designern zudem die Freiheit, Stellen zu beleuchten, an die wir heute noch gar nicht denken, wie etwa Schlüssellöcher. Außerdem können ganz neue Erlebniswelten entstehen: Mit LEDs und OLEDs lassen sich Innenbeleuchtungen schaffen, die die Farbe des Tageslichts – tagsüber bläulich, abends rötlich – nachbilden. Das hätte positive Auswirkungen auf die Psyche der Menschen und ihre Leistungsfähigkeit.

***Wie groß ist das Energiesparpotenzial?***
**Bergh:** Der Energieverbrauch der USA im Zusammenhang mit Beleuchtung liegt schätzungsweise bei acht Quads (das entspricht 0,267 Terawatt-Jahren, äquivalent dem Verbrauch von 288 Millionen Tonnen Steinkohle und etwa acht Prozent des gesamten US-Energieverbrauchs). Mit LEDs, die 150 bis 200 Lumen pro Watt erzeugen könnten, lägen die potenziellen Einsparungen bei vier Quads, also bei 50 Prozent. Das optimistischste Szenario des Energieministeriums geht von kumulierten Einsparungen in Höhe von 16,6 Quads bis zum Jahr 2020 aus. Das wären 113 Milliarden Dollar, die die Verbraucher in diesem Zeitraum sparen könnten – von der Schonung der Umwelt ganz abgesehen.

***Und was hält die Zukunft für die „alten" Beleuchtungstechnologien bereit?***
**Bergh:** Sie werden zurückschlagen. Das tun sie schon heute mit großem Erfolg. Kompakte Leuchtstofflampen oder Energiesparlampen, die 60 bis 80 Lumen pro Watt erreichen, ersetzen immer öfter herkömmliche Glühlampen. Aus diesem Grund und auch wegen der vorhandenen Elektroinstallationen und der bereits getätigten hohen Investitionen wird uns die „alte" Technologie noch lange begleiten. LEDs werden zunächst bei Funktionen zum Einsatz kommen, für die sich Glühlampen nicht eignen. In 10 bis 15 Jahren werden sie den Durchbruch bei mobilen Plattformen geschafft haben. Diese Anwendungen müssen sich weitgehend durchsetzen, damit der Preis für LEDs sinken kann. Erst dann werden die LEDs auch den Raumbeleuchtungen Konkurrenz machen können. Dazu muss ihr Preis auf unter drei Dollar pro 1.000 Lumen sinken. In großem Umfang wird der Austausch aber erst vonstatten gehen, wenn die heutigen Gebäude durch neue ersetzt werden. Doch der wichtigste Punkt ist, wie bereits gesagt: LEDs werden die alte Technologie nicht einfach ersetzen. Die Zukunft wird uns stattdessen einen vollständigen Paradigmenwechsel für die Beleuchtung bringen.

*Das Interview führte Victor Chase.*

**Leuchtdioden zur Raumbeleuchtung? Pionierarbeit leistete hier das Bartenbach Licht-Labor in Innsbruck: Im Jahr 2000 wurde dort weltweit erstmals ein ganzer Raum mit rund 14.000 weißen und farbigen LEDs von Osram Opto Semiconductors erhellt. Heute gibt es bereits einige derartige Anwendungen (siehe S. 38 und 49).**





# Brillanter Kunststoff

**Organische Leuchtdioden (OLEDs) können den Markt für Displays revolutionieren: OLEDs sind selbstleuchtend, kontrastreich, extrem flach und videotauglich. Zahlreiche Hersteller haben jetzt eigene Marken für OLED-Produkte eingeführt, darunter auch Osram Opto Semiconductors.**

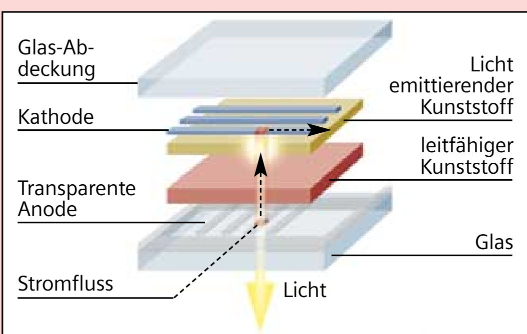



**Mini-Fernseher im Blick: Bernhard Stapp, Leiter der Forschung und Entwicklung von Osram Opto Semiconductors, zeigt ein videotaugliches, brillant leuchtendes OLED-Display. Im malaysischen Penang können pro Jahr nun 30.000 Quadratmeter Glasfläche in OLED verwandelt werden.**

So sieht die Zukunft der Displays aus", sagt Dr. Bernhard Stapp und stellt einen Mini-Fernseher auf den Tisch seines Büros in Regensburg. Das Gehäuse hat auf der Fläche einer Kreditkarte Platz, ist wenige Zentimeter hoch und trägt einen Aufbau mit einem dünnen Display, das einen Film mit Impressionen aus Paris zeigt. „Ich meine damit aber nicht, dass Displays künftig so klein sind, sondern dass sie so dünn sein werden und so brillant leuchten", sagt Stapp, Leiter der Forschung und Entwicklung von Osram Opto Semiconductors, der Optoelektronik-Sparte von Osram. Während der Film läuft, dreht Stapp das Gehäuse. Im Gegensatz zu Flüssigkristall-Bildschirmen (LCDs), die nur von vorn optimal sichtbar sind, wirkt das Display aus allen Winkeln gestochen scharf und kontrastreich.

## VIELE TECHNIKEN KONKURRIEREN

**Die Welt der OLEDs ist zweigeteilt.** Zwei Arten bestimmter organischer Chemikalien leuchten beim Anlegen einer Spannung: langkettige Polymere und kleine Moleküle. Es gibt zwei zugrunde liegende Phänomene: Fluoreszenz und Phosphoreszenz. Und bei der Displaytechnik stehen sich zwei Architekturen gegenüber: Aktiv- und Passivmatrix. Osram Opto Semiconductors produziert derzeit ausschließlich Passivmatrix-Displays aus Polymeren. Hier bestehen Anode und Kathode aus engen, um 90 Grad versetzten Leiterbahnen, die die Polymerschicht einschließen (siehe Grafik). Die Kreuzungspunkte der Elektroden bilden die Pixel. Das Licht wird durch eine transparente Elektrode aus Indium-Zinn-Oxid nach außen abgestrahlt. Passivmatrix-Displays sind relativ einfach herzustellen, aufgrund von Verlusten in den elektrischen Leitungen ist ihre Größe aber auf etwa fünf Zentimeter Diagonale begrenzt. Diese Beschränkung gilt nicht für die komplexer aufgebauten Aktivmatrix-Displays. Hier wird jedes Pixel einzeln angesteuert, was eine integrierte Schaltung in der Displayebene erfordert. Ideal dafür wären Dünnfilmtransistoren aus polykristallinem Silizium, die derzeit aber noch nicht breit verfügbar sind. Bei integrierten Schaltungen mit der konkurrierenden Technik des amorphen Siliziums ist der Stromverbrauch wiederum zu hoch.




**Schema eines Passivmatrix-Displays: Kathode und Anode bilden ein quadratisches Gitter. Die Pixel aus OLED-Material werden durch den Strom zum Leuchten angeregt.**

Vollfarbige Displays werden heute fast ausschließlich mit OLEDs aus kleinen Molekülen („small molecules") in Pulverform hergestellt, bei denen das nötige Farbspektrum bereits vorhanden ist. Ein Standardmaterial ist dabei Alq3 (Tris(8-hydroxyquinolin)aluminium-Komplex). Für blaues Licht sind etwa so genannte Spiro-Verbindungen geeignet, die aus über Kreuz verbundenen Bi- oder Oligophenylen bestehen. Diese OLEDs werden durch Aufdampfen der Schichten über Masken erzeugt, was Probleme bei der Massenproduktion und bei größeren Displays bereiten könnte. Polyphenylenvinylen (PPV) oder Polyethylendioxithiophen (PDOT:PSS), wie sie Osram einsetzt, können dagegen mit der Technik des „spin coatings" auf große Flächen aufgebracht werden. Die höchsten Effizienzen werden derzeit im Labor bei ‚small molecules' gemessen, die teilweise beide opto-elektrischen Anregungszustände verwenden können: Fluoreszenz und Phosphoreszenz. Bisher wird in Polymer-OLEDs ausschließlich der so genannte Singulett-Zustand genutzt, wenn die Spannung Energie in die Elektronen des Polymers pumpt, die diese dann beim Zurückfallen in den Grundzustand durch sichtbare Strahlung wieder abgeben – das Phänomen der Fluoreszenz. Parallel werden auch Elektronen in den dreimal häufigeren, aber energieärmeren Triplett-Zustand gehoben. Beim Zurückfallen der Elektronen entsteht auch Strahlung, die aber meist nicht sichtbar ist, die Phosphoreszenz. Durch Tricks wie bestimmte Dotierungen wird aber der Triplett-Zustand aktiviert und in die Emission miteinbezogen, was die Effizienz von Polymer-OLEDs künftig bis zu einem Faktor vier erhöhen könnte.

Außerdem strahlt es verzögerungsfrei von selbst. LCDs müssen hinterleuchtet werden, was rund 90 Prozent der hineingesteckten Energie verbraucht – mehr als die Hälfte schlucken allein die nötigen Polarisationsfilter. Das neue Display besteht aus Kunststoff, Metall und Glas; die leuchtende Schicht ist weniger als einen halben tausendstel Millimeter dick. Die Rede ist von OLEDs, organischen Leuchtdioden, die jetzt auf den Markt kommen und auf etlichen Feldern bald den LCDs Konkurrenz machen dürften.

Seit Mitte der 80er Jahre Forscher von Kodak erstmals eine OLED aus kleinen Molekülen hergestellt haben, nahm das Gebiet eine stürmische Entwicklung. Kurz darauf folgte Cambridge Display Technology mit OLEDs aus Polymeren, also langkettigen Kunststoffen. Inzwischen sind zahlreiche organische Materialien bekannt, die beim Anlegen einer Spannung leuchten, ob gelb, grün, rot oder blau – alle Farben sind möglich. Vom erfolgreichen Laborversuch zur großtechnischen Produktion ist es indes ein steiniger Weg: Die Dioden sind extrem empfindlich gegenüber Feuchtigkeit und Sauerstoff und müssen daher hinter Glas verkapselt werden. Für die Verarbeitung gelten Reinheitskriterien wie in der Halbleiterindustrie. Und noch basteln die Wissenschaftler an den optimalen Materialien. So strahlen nicht alle Farben mit der gleichen Effizienz, was den Stromverbrauch in die Höhe treibt, die Lebensdauer verkürzt und damit den breiten Einsatz vollfarbiger Großdisplays hinausschiebt.

**Großes Marktpotenzial.** Die OLEDs stehen 20 Jahre nach der Entdeckung vor dem kommerziellen Durchbruch. Laut einer Studie des US-Marktforschungsunternehmens iSuppli soll der Umsatz mit OLED-Displays von 500 Millionen Dollar im Jahr 2004 auf knapp 2,5 Milliarden Dollar 2009 steigen. Auf der diesjährigen Fachmesse SID in Baltimore stellte das asiatische Unternehmen International Display Technology mit IBM den Prototypen eines Farbdisplays mit 50 Zentimetern Diagonale vor. Sony präsentierte sogar ein Display mit 60 Zentimetern, bei dem das Bild allerdings aus vier aneinander liegenden Teilen zusammengesetzt wird. Der US-Chemiekonzern DuPont sowie Philips, Kodak und Osram führten 2003 eigene Marken für ihre OLED-Produkte ein. Schon länger auf dem Markt sind Displays von Pioneer für Autoradios und Handys. Philips hat jetzt einen Rasierer, Kodak eine Digitalkamera mit OLED-Display im Angebot. Osram OS zielt mit der Marke Pictiva unter anderem auf den Displaymarkt der Klapptelefone, Autoradios, Haushaltsgeräte – auf alle Einsatzgebiete, in denen selbstleuchtende und extrem flache Displays gefragt sind. „Das Spektrum ist enorm breit", sagt Stapp. „Es gibt Anwendungen, an die heute noch keiner denkt, etwa Displays, die bei tiefen Temperaturen funktionieren müssen, oder Taucheruhren. Denkbar ist sogar Modeschmuck mit einem OLED-Display."

**15.000 Stunden Lebensdauer.** Die Osram-Tochter hat eine Massenproduktionsanlage für kleine Polymer-OLED-Displays in Penang, Malaysia, aufgebaut. „Wir können pro Jahr 30.000 Quadratmeter Glas in Displays verwandeln", sagt Produktionsleiter David Lacey. Die kleinen, gelb-grünen Displays wirken im Vergleich zu den vollfarbigen der Konkurrenz nicht gerade eindrucksvoll – aber der Schein trügt. „Wir produzieren robuste Displays von gleich bleibend hoher Qualität. Die Lebensdauer beträgt 15.000 Stunden", sagt Lacey stolz. „Für die Großdisplays, die auf den Messen gezeigt werden, können Sie dagegen noch keine Bestellung aufgeben." Der Chemiker weiß, wovon er spricht: Seit fast zehn Jahren arbeitet er auf dem Gebiet. „Es war faszinierend, die Entwicklungen der OLEDs von Anfang an mitzuerleben, von wenigen Stunden Leuchtdauer bis hin zur Marktreife."

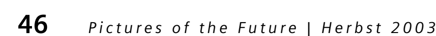
OLEDs bestehen aus mehreren dünnen Schichten, die jeweils einen bestimmten Aufbau haben. Bei der Produktion wird das bereits mit einer durchsichtigen Anode aus Indium-Zinn-Oxid (ITO) beschichtete Trägerglas mit einer metallischen Struktur versehen, die später die elektrischen Kontakte bildet. Mittels Photolithographie entstehen dann die Displays, zunächst als Muster winziger Leiterbahnen auf der Glasfläche zu erkennen. Dann werden nacheinander zwei Schichten Polymere aufgebracht (siehe Grafik S. 46). Das funktioniert so, dass jeweils ein Tropfen des Kunststoffs – entweder in Wasser dispergiert oder in einem organischen Lösungsmittel gelöst – auf die sich extrem schnell drehende Platte fällt und sich gleichmäßig über die Oberfläche verteilt. Nach diesem so genannten ‚spin coating' entfernt ein Laser das Polymer von jenen Stellen, die als Kontakte dienen und für die Versiegelung nötig sind. Die Leiterbahnen für die Kathode bestehen aus einer Mischung aus Barium und Aluminium, zuletzt folgt die Verkapselung aus Glas. Ein einzelnes der quadratischen Pixel hat eine Kantenlänge von etwa 0,3 Millimetern. „Wir haben den Fertigungsprozess weitgehend automatisiert", erklärt Lacey. „In unserem Verfahren steckt viel Know-how, da es sehr viele Faktoren gibt, die sich auf die Reproduzierbarkeit und die Lebensdauer sehr kritisch auswirken."

**Glasplatte mit OLEDs: Die Displays werden in Malaysia nach einem weitgehend automatisierten Prozess gefertigt. In mehreren Schritten werden Schichten von Polymeren und Metallen aufgetragen. Bereits im Jahr 2004 will Osram Displays auch in Orange und Grün anbieten.**

*OLEDs sind **sehr kompliziert** aufgebaut. Für die Fertigung sind **Reinheitskriterien** fast wie **bei Halbleitern** einzuhalten.*

**OLEDs aus dem Drucker.** „Unser nächstes Ziel sind vollfarbige Displays", sagt Lacey. Anfang 2004 sollen die ersten orangen und grünen OLEDs in Penang in Produktion gehen. Im Forschungslabor in San José in Kalifornien ist es bereits gelungen, videotaugliche vollfarbige Displays herzustellen. Die Wissenschaftler verwenden dazu einen Prozess, ähnlich einem Tintenstrahldrucker. Das Pixelmuster erzeugen 128 Düsen, die winzige Mengen des Polymers in Vertiefungen spritzen. Dabei werden die drei Grundfarben rot, blau und grün eines Pixels nacheinander in eigene Felder aufgebracht.

Das Verfahren ist derzeit aber nicht serientauglich. Das Polymer scheidet sich noch nicht mit der notwendigen gleichmäßigen Dicke ab, es entstehen eher kugelige Tropfen. Die Forscher sind zuversichtlich,



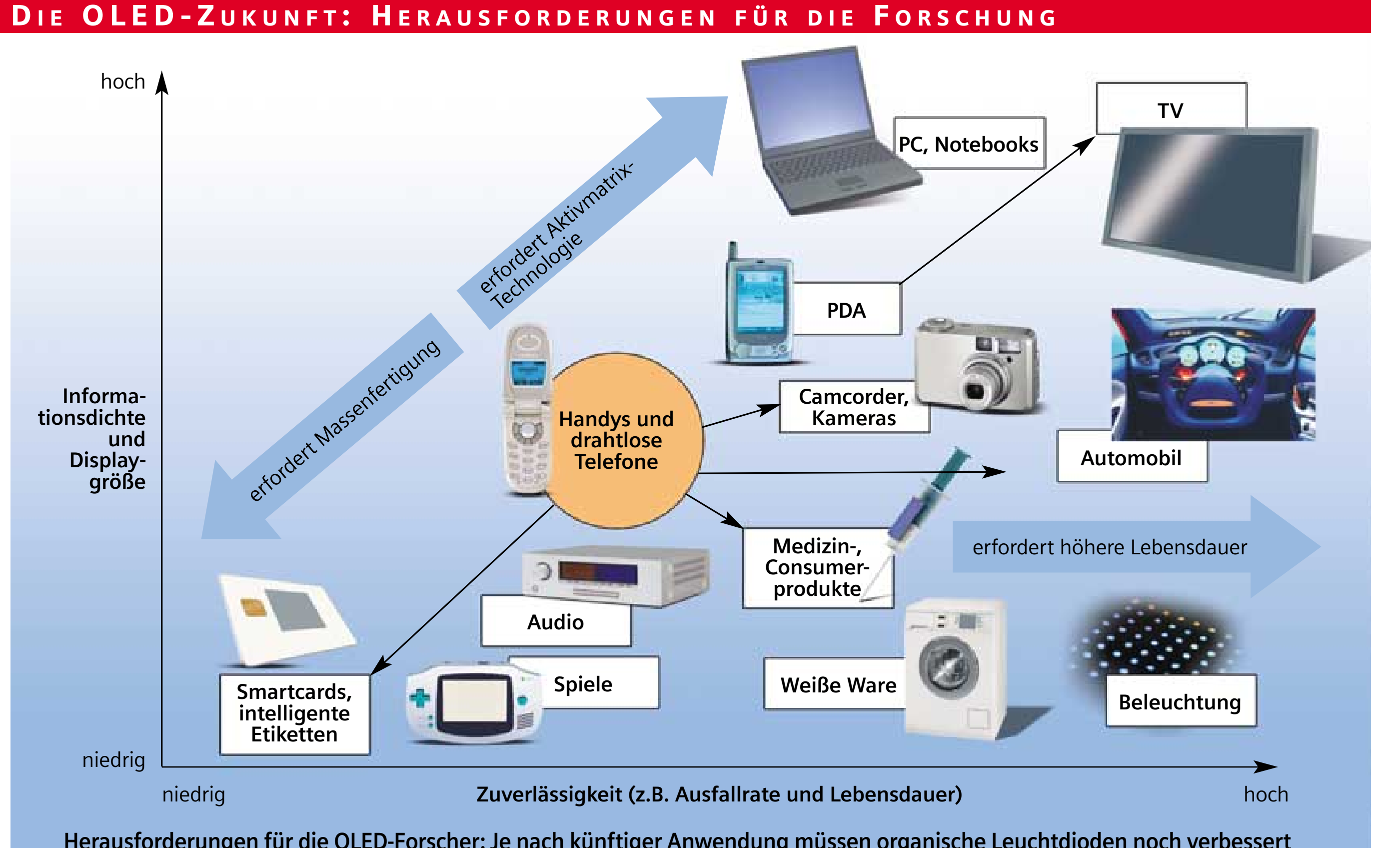
in den nächsten Jahren ein reproduzierbares Verfahren entwickeln zu können.

**Gefilterte Farben.** An vollfarbigen Displays arbeitet auch Dr. Wolfgang Rogler von Siemens Corporate Technology (CT) in Erlangen. Er forscht mit Osram und dem Materialhersteller Covion in einem Förderprojekt des Bundesforschungsministeriums an OLEDs, die weißes Licht aussenden. Die Farben wollen die Partner mit optischen Filtern erzeugen. Der Vorteil dieses Ansatzes ist der einfachere Aufbau, da nur eine Sorte OLED-Material benötigt wird. Die Filtertechnik kann zudem aus der Welt der Flüssigkristallbildschirme übernommen werden, in der Farben ähnlich erzeugt werden. „Ein Nachteil ist natürlich die geringere Effizienz", räumt Rogler ein. Denn jeder Filter schluckt Licht, was letztlich mehr Stromverbrauch bzw. geringere Lebensdauer bedeutet. Eine Lösung könnten Polymere mit einer höheren Lichtausbeute sein, an denen Siemens CT ebenso forscht. Als Fernziel hat das Unternehmen organische Leuchtdioden im Visier, die es mit ihren anorganischen Vettern an Leuchtkraft aufnehmen und in Zukunft sogar als Lichtquelle dienen könnten. Dann müsste die Effizienz von heute drei bis sechs Lumen pro Watt auf ein konkurrenzfähiges Maß gesteigert werden.

„Derzeit konzentrieren wir uns aber eher auf die Verlängerung der Lebensdauer", sagt Joe Carr, der Leiter der OLED-Sparte von Osram Opto Semiconductors in San José, Kalifornien. Ermöglichen könnte dies neben optimierten Materialien auch eine verbesserte Verkapselung. Auch hier haben die OLED-Forscher eine Vision: Biegsame Displays, die in Zukunft eine elektronische Zeitung abbilden oder auch als gebogene Bildschirme das Auto-Cockpit von morgen darstellen könnten. Handgefertigte Demonstratoren existieren bereits, die aber rasch undicht werden und daher nur wenige Stunden funktionieren. Einen Durchbruch bei flexiblen Verkapselungen erwartet Carr erst in etwa zehn Jahren. Forschungsleiter Stapp fügt hinzu: „Noch ist das weit entfernt. Aber wir wissen, wie wir dorthin gelangen können." ■ *Norbert Aschenbrenner*

*Das **flexible OLED-Display** ist eine **realistische Vision.** Der Weg dorthin ist zwar weit, aber **bereits heute bekannt.***

### DIE OLED-ZUKUNFT: HERAUSFORDERUNGEN FÜR DIE FORSCHUNG




**Herausforderungen für die OLED-Forscher: Je nach künftiger Anwendung müssen organische Leuchtdioden noch verbessert werden. Für einen TV-Bildschirm ist etwa die Entwicklung von feinstrukturierten Aktivmatrix-Displays nötig. OLEDs in Smartcards erfordern die Prozesse einer Massenfertigung und wenn sie einst auch Räume erhellen sollen, müssen sie extrem lange halten.**

Quelle: Osram



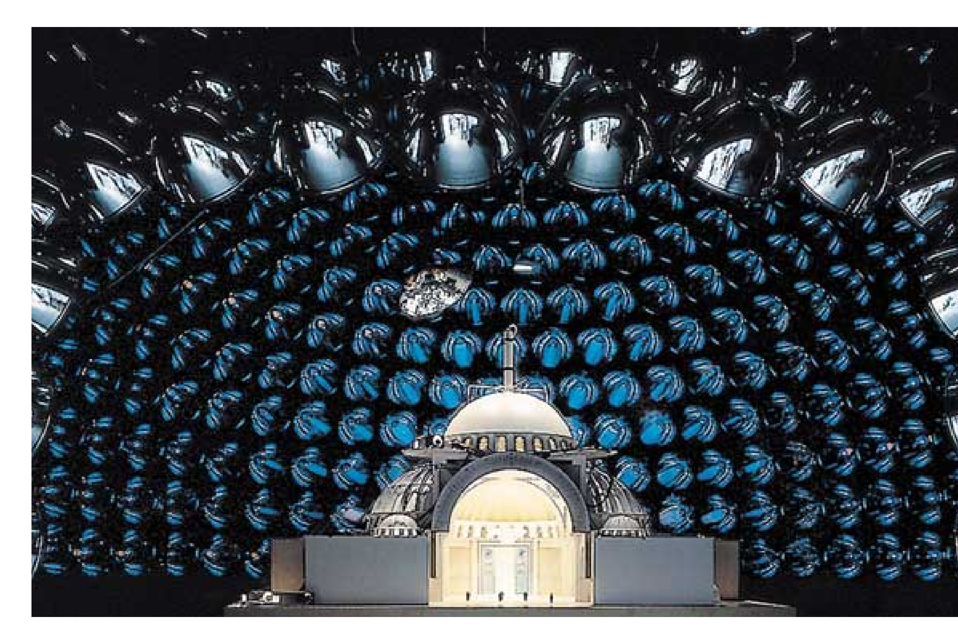


**Die richtige Lichtstimmung und -helligkeit nützt der Gesundheit. Tages- und Kunstlicht sollen über ein intelligentes Lichtmanagement und neue Lichtquellen optimal kombiniert werden.**

# Architektur des Lichts

Bisher wurde die Qualität einer Lichtquelle vor allem nach der Lichtausbeute und der Lebensdauer bewertet. Doch heute ist der große Trend der Zusammenhang von Licht und Gesundheit", meint Reinhard Weitzel, Osram-Forschungsleiter für Lichtquellen. Gutes Licht beziehungsweise die richtige Lichtfarbe sei wichtig für das Wohlbefinden. So brauche der Fabrikarbeiter in der Nachtschicht ein anderes Licht, als jemand, der zu Hause ein Buch lese. Ein schlecht ausgeleuchteter Arbeitsplatz führe zu Stress und schade der Produktivität, das bestätigen Studien des österreichischen Lichtforschers Prof. Christian Bartenbach: „Wir haben über fünf Jahre rund 1600 Versuchspersonen getestet. Schlechtes Licht verringert die Leistungsfähigkeit um 30 Prozent."

Heute liegt der Kunstlichtanteil in Bürogebäuden bei 60 bis 80 Prozent. Laut Bartenbach könnte man ihn durch Umlenkung des Tageslichts auf 20 Prozent senken. Das Kunstlicht sollte je nach Wetterbedingung die Beleuchtung ergänzen und den Tagesverlauf nachbilden. Denn Tageslicht, darin sind sich Arbeitsphysiologen einig, ist das beste Licht für den Menschen. Gewöhnt ist er an 100.000 Lux in der Sommersonne und 20.000 Lux an bewölkten Tagen (Lux ist Lumen pro Quadratmeter, siehe S. 40). So viel Helligkeit ist in geschlossenen Räumen allerdings nicht notwendig. Die Mindestwerte, die der Gesetzgeber vorgibt: Für Büroarbeit gelten 500 Lux als Norm, für grobe Maschinenarbeiten 300 Lux. „Das ist aber eher zu wenig", sagt Weitzel und verweist auf entsprechende Studien von Arbeitsphysiologen, die derzeit in Gang sind.

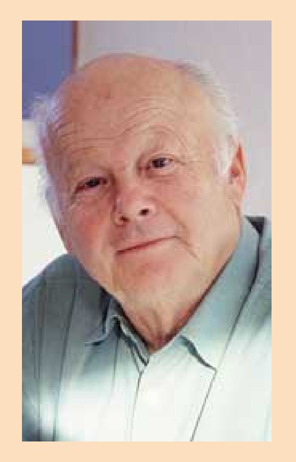


**Im Bartenbach LichtLabor werden unterschiedliche Lösungen für Tageslichteinsatz in Gebäuden erprobt: hier für die Putrajaya Moschee in Kuala Lumpur, Malaysia.**

**Intelligente Vernetzung.** Eine ganze Reihe von Lichtquellen sind heute im Einsatz, meist Glüh-, Leuchtstoff- oder Hochdrucklampen. „Alle Lichtarten haben ihre Stärken. Was aber bislang fehlt, ist die Einsicht, dass sie vernetzt und gesteuert werden sollten, um eine optimale Beleuchtung zu erreichen. Wir benötigen eine Architektur des Lichts", erläutert der Osram-Forscher. Künftig sollten sich die Lichtsysteme den individuellen Bedürfnissen des Menschen anpassen, also adaptiv sein.

Mit einem smarten Lichtmanagement lässt sich dieser Anspruch erfüllen. Dafür muss es regelbare Lampen und intelligente, elektronische Betriebsgeräte geben, ebenso wie die nötigen Komponenten zum Steuern und Regeln sowie Licht- und Bewegungssensoren – und natürlich müssen alle Bausteine vernetzt sein. Die europäische Lichtindustrie hat sich bereits auf eine digitale Schnittstelle namens DALI (Digital Addressable Lighting Interface) geeinigt. Daran lassen sich etwa elektronische Vorschaltgeräte (EVG) anschließen, um Entladungslampen zu betreiben. EVG sind eine zwingende Voraussetzung für das Lichtmanagement: Nur sie garantieren einen variablen Lampenbetrieb und eine hohe Schaltfestigkeit. Denn wenn Leuchtstofflampen mit Bewegungsmeldern kombiniert werden, dürfen sie wegen des häufigen Ein- und Ausschaltens nicht ausfallen. Man kann die EVG mit dem Glühfaden eines Dieselautos vergleichen: Sie sorgen für den notwendigen Warmstart.

Ein System mit DALI kann einzelne Komponenten oder -gruppen schalten oder dimmen – und es kann mit übergeordneten Gebäudemanagementsystemen kommunizieren. Damit sind nicht nur zentrale Schaltfunktionen oder auch Abfragen möglich, etwa über Lampenausfälle. Es lässt sich auch der Anspruch einer adaptiven Beleuchtung erfüllen: Ist es draußen sehr hell, wird die künstliche Beleuchtung zurückgefahren. Bei bewölktem



**Seit mehr als 40 Jahren beschäftigt sich der Elektrotechniker Prof. Christian Bartenbach mit der „Psychologie des Lichts“. 1976 gründete er bei Innsbruck eines der ersten Planungsbüros, das psychologische Aspekte der Beleuchtung berücksichtigt.**

## „Wellness für das Augentier Mensch“

*Wie wirkt das Licht auf die Psyche?*
**Bartenbach:** Der Mensch ist ein „Augentier“. 90 Prozent seiner Wahrnehmung vollzieht sich über die Visualität. Auch viele vegetative Vorgänge werden via Licht gesteuert. Wichtig ist vor allem das reflektierte Licht. Wenn ich am PC arbeite, sehe ich nicht nur den Bildschirm, sondern zugleich die Schreibtischplatte, die Wände, die Fenster, die Außenwelt. Deren Leuchtdichten muss ich auch mit berücksichtigen.

*Welche Auswirkungen hat eine schlechte Beleuchtung?*
**Bartenbach:** Ein einfaches Beispiel: Wenn Sie am Bildschirm am Fenster arbeiten, werden Sie geblendet. Die Adaptionsstörung führt zu einer mentalen Belastung. Das merken Sie an Stressreaktionen wie Schweißausbrüchen und Verspannungen. Sie machen mehr Fehler, arbeiten langsamer, werden schneller müde. Das haben wir in all unseren Studien festgestellt. Für einen hohen Komfort muss die Beleuchtungsfläche richtig dimensioniert sein, und man braucht einen optimalen Sonnen- und Blendschutz. Aber auch das Umfeld muss stimmen: So sollte der Schreibtisch mittelgrau oder holzfarbig sein, und Decke, Wände und Fußboden dürfen nicht zu hell sein, damit es keine Reflexionen auf glänzenden Oberflächen gibt.

*Welches Licht ist für welche Tageszeit optimal?*
**Bartenbach:** Morgens hat das Licht die höchste Farbtemperatur, es ist sogar leicht bläulich. Abends kommen die Rotanteile mehr zum Tragen. Dem sollte das Kunstlichtspektrum Rechnung tragen. Morgens sollte es aufmunternd sein, für Schreibtischarbeiten eher bläulichweiß. Abends zum Entspannen würde ich warmes, rötliches Licht mit geringen Intensitäten empfehlen.

*Welche Lichttechniken sehen Sie für die nächsten zwei Jahrzehnte?*
**Bartenbach:** Es wird mehr Umlenksysteme geben, mit deren Hilfe die Sonne in unterirdische Räume – etwa bei U-Bahnen – gelenkt werden kann. Oder auch in Innenhöfe, enge Straßenbereiche und große Raumtiefen im Hochbau. In der Kunstlichttechnik wird sicher die LED mehr und mehr dominieren. Sie hat eine hohe Lebensdauer, ist sehr wirtschaftlich und bietet eine elektrische Regelung der Helligkeit und sogar der spektralen Zusammensetzung. Auf diese Weise lassen sich neue Raummilieus generieren und weitere Einsatzgebiete erschließen. Lichtquellen und Lichtsysteme werden für das wachsende Wellness-Bedürfnis der Menschen einen signifikanten Beitrag leisten.

*Interview: Evdoxia Tsakiridou*

Himmel, am Abend und im Winter wird das Kunstlichtniveau erhöht. Außerdem lassen sich programmierte Lichtszenen wie „Besprechung“, oder „Präsentation“ auf Knopfdruck abrufen.

Doch ein intelligentes Lichtmanagement ist nicht genug. „Die Lampen von morgen müssen sich durch Effizienz, hohe Lebensdauer, sehr gute Farbwiedergabe und flexible Farbtemperatur auszeichnen“, schreibt das deutsche Forschungsministerium (BMBF) zu den „Optischen Technologien des 21. Jahrhunderts“. Zwar existieren Lichtquellen mit den beschriebenen Anforderungen, doch keine kann alle Tugenden auf sich vereinen. Dabei wäre es ideal, wenn eine einzelne Lampe den menschlichen Bedürfnissen gerecht würde.

**Leuchtstofflampe mit LED.** Genau das planen die Osram-Experten: Sie wollen eine völlig neue Lichtquelle kreieren. „Leuchtstofflampen sind sehr effizient, aber leider kann man ihre Farbtemperatur nur schwer verändern. Wir möchten sie mit LEDs kombinieren, um dem Weißlicht je nach Bedarf mehr Blau- oder Rotanteile beizumischen“, berichtet Weitzel. So könne mit einer einzigen Kompakt-Hybrid-Lampe die Lichtfarbe kontinuierlich verändert und eine Lichtstimmung erzeugt werden, die dem natürlichen Tageslichtverlauf entspricht.

Ein ehrgeiziges Ziel, denn noch sind die nötigen Hochleistungs-LEDs (siehe S. 38) teuer, und bei Temperaturen über 65° Celsius sinken Wirkungsgrad und Lebensdauer. Letzteres ist nicht gerade ideal, um im Inneren von Leuchtstofflampen zu wirken, wo Temperaturen bis zu 100° Celsius nahe den Elektroden herrschen können. Die Osram-Fachleute sind trotzdem optimistisch, dass sich diese Schwierigkeiten „über geeignete Wärmeableitungsmaßnahmen und eine intelligente Anordnung lösen lassen“.

Auch die Leuchtstofflampen selbst sollen noch effizienter werden und durch quecksilberfreie Systeme ergänzt werden. Vor ein paar Wochen wurde ein entsprechendes Forschungsprogramm vom BMBF bewilligt. Das Projekt ist auf drei Jahre angelegt. Bis dahin hoffen die Forscher, erste Ergebnisse präsentieren zu können. Das wäre dann die erste Lampe mit eingebautem „Wohlfühl“-Effekt.

*Evdoxia Tsakiridou*





# Schwebende Bilder im Raum

**Dreidimensionales Sehen ist für uns eine Selbstverständlichkeit, aber die meisten Displays zeigen bislang nur zweidimensionale Darstellungen. Doch erste 3D-Displays gibt es bereits, und ihre Einsatzgebiete reichen vom Chemielabor übers Einkaufen im Internet bis zum 3D-Fernsehen.**



**Was wie eine Szene aus „Raumschiff Enterprise“ oder „Krieg der Sterne“ aussieht, ist eine Installation zur Zukunft der Medizintechnik im SiemensForum in München.**

Ein bekanntes Bild aus „Krieg der Sterne“: Luke Skywalker repariert den Roboter R2-D2 und plötzlich flimmert ein dreidimensionales Bild der Prinzessin Leia in der Luft, das eigentlich nicht für ihn bestimmt war: „Helft mir, Obi Wan Kenobi, Ihr seid meine letzte Hoffnung!“ In Science-Fiction-Filmen wie diesem ist die 3D-Multimedia-Kommunikation ein alter Hut. Ist sie aber in der Realität von heute noch Science-Fiction? Erste Erfahrungen konnten viele Fernsehzuschauer schon mit 3D-Sendungen sammeln, für die jedoch spezielle Brillen nötig waren, und das Ergebnis war meist wenig beeindruckend. Doch in Zukunft sollen 3D-Darstellungen viel leichter, bequemer und perfekter möglich sein.

Eigentlich ist es recht einfach, unserem Gehirn einen 3D-Eindruck vorzugaukeln. Unsere zwei Augen vermitteln uns eine räumliche Vorstellung, weil das linke Auge einen Gegenstand aus einem geringfügig anderen Winkel sieht als das rechte. Das Gehirn vereint die beiden Bilder und ermittelt die Entfernung der betrachteten Objekte. Lässt sich dies für 3D-Displays nutzen? Relativ verbreitet sind Bildschirme, die mit einer Frequenz von 120 Hertz abwechselnd ein Bild für das rechte und das linke Auge zeigen; das jeweils andere Auge wird synchron durch eine so genannte Shutterbrille verdunkelt, so dass jedes 60 Bilder pro Sekunde sieht. Das Gehirn löst dieses schnelle Hin und Her nicht auf, es sieht deshalb nur ein Bild mit 3D-Effekt. Aber wer möchte schon gerne ständig eine unförmige Brille auf der Nase haben?

**3D ohne Brille.** Näher an einer komfortablen Lösung sind autostereoskopische 3D-LCD-Displays, die Firmen wie Philips, Sanyo, Samsung sowie kleinere wie SeeReal Technologies in Dresden oder 4D-Vision aus Jena bereits verkaufen. Forschungsinstitute wie das Heinrich-Hertz-Institut (HHI) in Berlin arbeiten an der Weiterentwicklung. Das Funktionsprinzip ist einfach: Vor ein LCD-Display ist eine Platte aus stabförmigen Zylinderlinsen oder Prismen montiert. Diese lenken das Licht jeweils einer Pixelspalte zum einen und das der daneben liegenden Spalte zum anderen Auge des Betrachters, was bei entsprechender Zuordnung der Bilder einen räumlichen Eindruck bewirkt.

Bewegt sich aber der Zuschauer weiter nach vorne oder hinten oder nur einige Zentimeter nach links oder rechts, dann wird der Tiefeneindruck deutlich schlechter oder sogar umgekehrt: Der Horizont erscheint näher als der im Vordergrund stehende Baum. Als Gegenmaßnahme wurden Nachführungssysteme entwickelt, die das Linsenraster seitlich verschieben, wenn man den Kopf bewegt. „Aber der Anwender hält sich ohnehin unwillkürlich ruhig, wenn er merkt, dass seine Bewegung zu einer Verschlechterung des räumlichen Eindrucks führt, und nach spätestens einer Stunde hat er einen steifen Nacken“, weiß Thomas Riegel, der bei Siemens auf dem Gebiet der Multimediakommunikation forscht und die Entwicklungen bei 3D-Displays mitverfolgt, aus eigener Erfahrung. Ein weiterer Nachteil der beweglichen Linsenraster ist, dass nur die Kopfposition einer Person

verfolgt werden kann. Fest angebrachte Linsenraster können hingegen so berechnet werden, dass einige wenige – derzeit je nach Hersteller fünf bis neun – Personen gleichzeitig in den Bildschirm schauen können, wenn sie sich nicht bewegen.

**3D-Fernsehen.** Etliche Firmen suchen daher auch nach anderen Verfahren der 3D-Darstellung, denn Anwendungen gäbe es genug. Auf einer Sitzung der MPEG4-Standardisierungsgruppe Ende 2002 im japanischen Awaji wurde die Meinung vertreten, dass 3D innerhalb von zehn Jahren die nächste große Revolution in der TV-Geschichte einleiten könnte. In Europa bereitet das ATTEST-Konsortium (Advanced Three-dimensional Television System Technologies), ein Projekt europäischer Firmen und Institute, den Weg. Wichtige Forderungen an ein 3D-Fernsehsystem sind: Es muss kompatibel zur bisherigen 2D-Darstellung sein und die Umstellung muss bezahlbar sein. Auch in der Medizin sind viele 3D-Anwendungen denkbar. „Seit den 90er Jahren bieten wir Operationsmikroskope an, deren Bild mit Shutterbrille auf einem 3D-Monitor betrachtet werden kann", sagt Peter Andrews, Vertriebsleiter der Firma Zeiss in Oberkochen, „vielleicht werden autostereoskopische Displays den endgültigen Durchbruch bringen." Auch für minimal-invasive Operationen wären detaillierte 3D-Darstellungen hilfreich, da der Arzt damit genauer verfolgen könnte, wo seine Geräte gerade wirken.

**Virtuelle Fabriken.** In der Anlagenplanung bringen 3D-Darstellungen Zeit- und Kostenvorteile. Siemens nutzt große 180-Grad-Stereoprojektionsflächen für die virtuelle 3D-Darstellung neuer Kraftwerke, Fabriken oder anderer Großanlagen. „Früher haben die Kunden drei bis vier Wochen gebraucht, um die Pläne für ein Kraftwerk zu prüfen, mit Virtual Reality geht das in drei bis vier Tagen", berichtet Dr. Detlev Teichmann, Projektleiter für Produktionsprozesse bei Corporate Technology. Auch billiger ist diese Vorgehensweise. Das Modell eines neuen ICE hat vor einigen Jahren fünf Millionen Euro gekostet, für die Projektion hätte nur ein Bruchteil davon ausgegeben werden müssen. Auch Chemiker können 3D-Darstellungen gut brauchen, um etwa Biomoleküle dreidimensional betrachten zu können, und im Internet wimmelt es von Anwendungsmöglichkeiten: Wer ein Produkt kauft, möchte es sich zuvor genau ansehen, etwa im virtuellen 3D-Shop. Auch in 3D-Chaträumen, in denen sich jeder einen eigenen Vertreter (Avatar) aussuchen und sich mit diesem mausgesteuert frei bewegen kann,



**Schüler des Vincent-Lübeck-Gymnasiums in Stade realisieren eine Idee aus den 70er Jahren: Ein Laser „schreibt" die Bildpunkte eines 3D-Objekts auf eine rotierende Projektionsfläche.**

sehen Softwarehersteller wie Adobe, Macromedia und andere einen bedeutenden Markt. Zur Zeit wird hier die Raumtiefe noch durch die Beweglichkeit der Figuren vorgetäuscht.

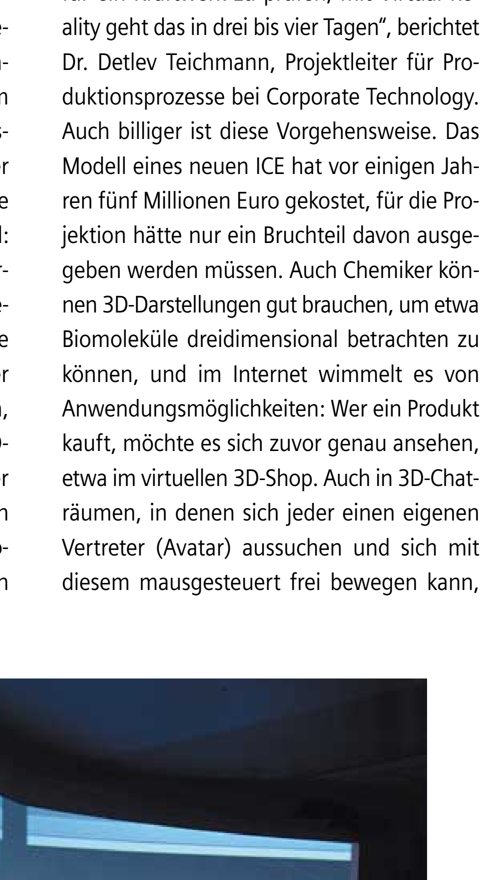
**Laser-Holografie.** Könnte vielleicht die Holografie den Durchbruch bringen? Dabei wird ein Gegenstand mit einem Laser beleuchtet und auf einer fotografischen Platte die Überlagerung des reflektierten Lichts mit einem Referenzstrahl aufgenommen. Daraus lässt sich dann wiederum per Laserlicht ein dreidimensional im Raum schwebendes Bild zurückgewinnen. Leider funktioniert dieses Verfahren bisher nur mit unbewegten kleineren Objekten. Am Massachusetts Institute of Technology in Boston wurde in den 90er Jahren eine Weiterentwicklung, die Elektro-Holografie, entwickelt. Mit ihr lassen sich sogar Holo-Videos erzeugen, weil akusto-optische Elemente die Laserstrahlen in Echtzeit so beeinflussen, dass die überlagerten Wellen beim Betrachter als dreidimensionales Bild ankommen. Damit lassen sich auch im Rechner gespeicherte Modelle direkt dreidimensional visionalisieren. Doch die dafür notwendige Berechnung der gewaltigen Datenmengen konnte man bis heute nicht befriedigend lösen.

Eine andere Lösung schlug Rüdiger Hartwig von der Universität Heidelberg bereits in den 70er Jahren vor: eine transparente Helix aus Plexiglas, die mit einer Frequenz von 1200 Umdrehungen pro Minute rotiert und von farbigen Lasern bestrahlt wird. Bei dieser Geschwindigkeit sieht man die Helix selbst nicht mehr, nur noch die Punkte, wo die Laserstrahlen auftreffen. Werden die Strahlen genügend schnell umgelenkt, kann man jeden Punkt im von der Helix überstrichenen Volumen beleuchten und dadurch ein 3D-Bild erzeugen. Ein solches, scheinbar frei im Raum schwebendes „3D-Display" wäre etwa für die Flugraumüberwachung nützlich, weil dann die Fluglotsen gleichzeitig Kurs und Flughöhe eines Flugzeugs sehen könnten. Erstmals umgesetzt wurde diese Idee Mitte der 80er Jahre – inzwischen wurde sie von einigen Firmen aufgegriffen und weiterentwickelt.

**Projektion direkt ins Auge.** Ganz ohne bildschirmähnliche Vorrichtung kommt ein Verfahren aus, das das Heinrich-Hertz-Institut auf der CEBIT 2003 vorgestellt hat. Dabei werden das rechte und das linke Bild mit zwei kleinen Projektoren punktgenau direkt in die beiden Augen projiziert. Der Betrachter sieht dann ein 3D-Objekt unmittelbar vor sich schweben. Wenn er seine Hand in eine computergesteuerte mechanische Vorrichtung steckt, kann er danach greifen, es sogar bewegen, drehen, oder er bekommt eine Rückmeldung über die Konsistenz des Gegenstands. Das Verfahren ist ideal, wenn man den Umgang mit einem geplanten neuen Produkt testen will. Es ist damit nicht einmal mehr notwendig, ein Modell herzustellen, man muss nur die Konstruktionsdaten in ein 3D-Bild umrechnen. Auch für die Internet-Nutzer hat es Vorteile: im virtuellen 3D-Shop der Zukunft könnte man das neue Federbett nicht nur von allen Seiten betrachten, sondern sogar spüren, wie es sich anfühlt. „Besonders interessant dabei ist, dass es ein ganz privates Bild ist", erzählt Dr. Siegmund Pastoor vom HHI, „ein außerhalb des Projektionsstrahls stehender Beobachter sieht nicht, warum der Anwender in der Luft herumtastet."

Und wann wird es soweit sein, dass wir wie R2D2 eine Prinzessin einfach in die Luft projizieren können? „Natürlich ist das möglich", ist sich Siemens-Forscher Thomas Riegel sicher, „man muss nur wie bei einer Fata Morgana in der Luft eine geeignete Grenzschicht erzeugen, etwa durch einen Druck- oder Temperaturgradienten, damit man daran Licht streuen kann." Wie das zu bewerkstelligen ist, weiß leider noch niemand, vielleicht hat ja George Lucas eine geniale Idee.

■ *Bernhard Gerl*



**Eine der möglichen Anwendungen für 3D-Displays: Shoppen im Internet**

# Auf den Punkt ...

■ Wichtige Trends der Lichtforschung sind, Lichtquellen kleiner, langlebiger, effizienter und umweltfreundlicher zu machen – so könnten zum Beispiel Hochdruck-Entladungslampen dank neuer elektronischer Vorschaltgeräte und einem besseren Verständnis der physikalisch-chemischen Vorgänge in ihrem Inneren in Zukunft ganz auf Quecksilber verzichten. (S.35)

■ Beim Konzept der „adaptiven Beleuchtung" werden unterschiedliche Lichtquellen in intelligente Netzwerke integriert und mit Tageslicht kombiniert. Dies spart nicht nur Energie, sondern erhöht auch das Wohlbefinden. Die dazu nötigen Sensoren und Kommunikationsstandards gibt es bereits. Osram entwickelt zudem eine Entladungslampe, in der Leuchtdioden (LEDs) für eine variable Farbwiedergabe sorgen. (S.37, 49)

■ Leuchtdioden, die Lebensdauern von bis zu 100.000 Stunden erreichen, dringen in immer neue Anwendungsfelder vor: von Anzeigetafeln über Autoscheinwerfer bis zu Handy-Blitzgeräten. In zehn bis 15 Jahren könnten weiße LEDs die hohe Effizienz von 100 Lumen pro Watt erreichen und in die Bereiche der Allgemeinbeleuchtung vorstoßen. (S.38)

■ Mit jährlichen Steigerungsraten von 17 Prozent und mehr können LEDs im Jahr 2007 ein Marktvolumen von etwa sieben Milliarden Euro abdecken – was dann immerhin 28 Prozent des Weltmarktes für Beleuchtung umfasst. Mit der modernsten Optochip-Fabrik der Welt – im April 2003 bei Regensburg eröffnet – kann Osram bis 2005 seine Produktionskapazität für Opto-Halbleiter verdoppeln. (S.42)

■ Auch für organische Leuchtdioden (OLEDs) sind die Aussichten glänzend. Die selbstleuchtenden, kontrastreichen, extrem flachen und videotauglichen Kunststoffe könnten den Markt für Displays revolutionieren. Osram hat unlängst eine Massenproduktionsanlage für OLEDs in Penang, Malaysia, aufgebaut. (S.45)

■ Displays, die eine dreidimensionale Abbildung von Objekten ermöglichen, könnten eine Vielzahl von Anwendungen finden: vom Chemielabor übers Einkaufen im Internet bis zum 3D-Fernsehen. Konzepte dafür werden derzeit entwickelt. (S.51)

**LEUTE:**
**Osram Forschung und Entwicklung, USA:** Dr. John Gustafson, Osram Sylvania, john.gustafson@sylvania.com
**Osram Forschung Lichtquellen:**
Dr. Reinhard Weitzel, Osram
r.weitzel@osram.de
**Hochdruck-Entladungslampen:**
Scott Butler, Osram Sylvania
scott.butler@sylvania.com
Alfred Wacker, Osram
a.wacker@osram.de
**Fluorescent Systems Lab, USA:**
David L. Bay, Osram Sylvania
David.bay@sylvania.com
**Osram Opto Semiconductors, Forschung und Entwicklung:**
Dr. Bernhard Stapp, Osram OS
bernhard.stapp@osram-os.com
**Osram Innovationsmanagement:**
Dr. Norbert Stath, OSRAM OS
norbert.stath@osram-os.com
**OLED bei Corporate Technology:**
Dr. Wolfgang Rogler, CT MM 1
wolfgang.rogler@siemens.com
**Leiter Geschäftseinheit OLED, San José, USA:** Joseph Carr, Osram OS
joseph.carr@osram-os.com
**Produktionsleiter OLED, Malaysia:**
David Lacey, davidl@osram-os.com
**3D-Displays:**
Thomas Riegel, CT IC 2
thomas.riegel@siemens.com

**Prof. Christian Bartenbach:**
info@bartenbach.com
**Dr. Arpad Bergh:**
bergh@oida.org

**LINKS:**
**OSRAM:** www.osram.de
**Osram Opto Semiconductors:**
www.osram-os.de
**Lichtlexikon, Beleuchtungstipps:**
www.osram.de/lightatwork
**OLED bei Osram:** www.pictiva.com
**Optoelectronics Industry Development Association:** www.oida.org
**BMBF-Förderprogramm Optische Technologien:**
www.optischetechnologien.de
**3D-Displays:** www.felix3d.com
**OptecNet Deutschland:**
www.optecnet.de

**LITERATUR:**
**Hans-Jürgen Hentschel,** Licht und Beleuchtung, Theorie und Praxis der Lichttechnik, Hüthig Verlag (1994)
**Arturas Zukauskas,** Introduction to Solid State Lighting, John Wiley & Sons Inc. (2002)

Die Funkschalter der Firma EnOcean kommen ohne Stromversorgung aus und können daher überall montiert werden.

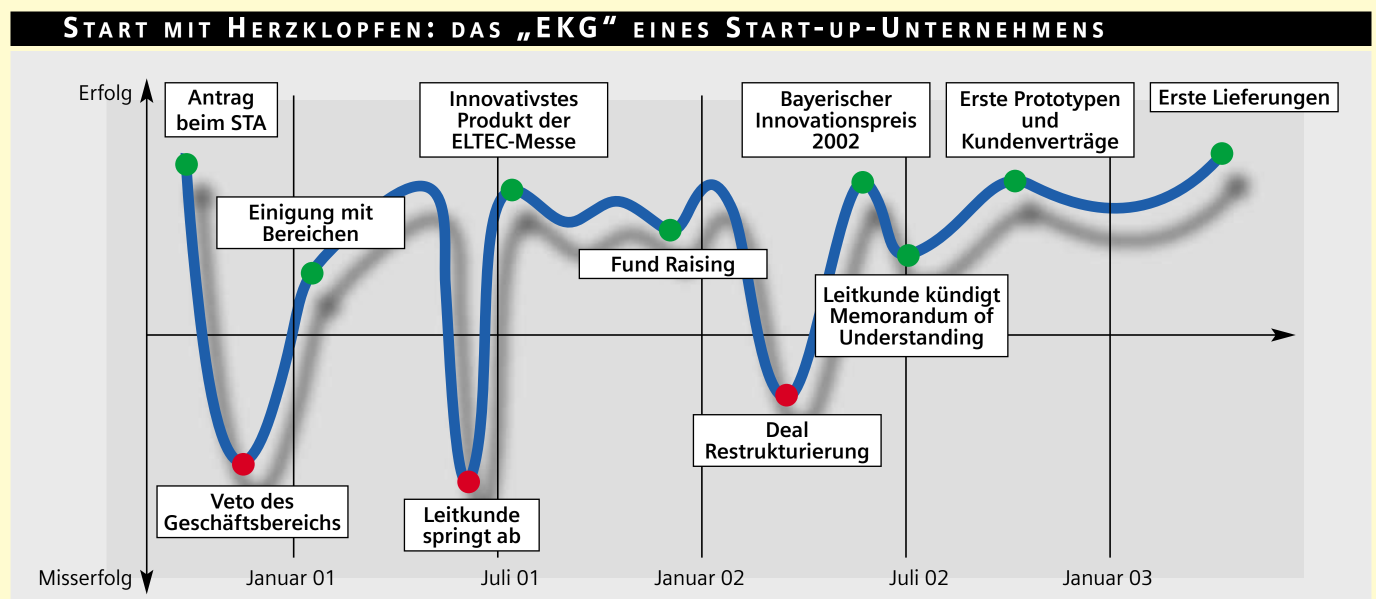
# Partner durch Hochs und Tiefs

Die Siemens Technology Accelerator GmbH hilft Mitarbeitern von Corporate Technology bei der Gründung ihrer eigenen Unternehmen. Gerade in frühen Unternehmensphasen ist ein solcher Partner überlebenswichtig.

Da Entwicklungszeiträume und geschäftliche Planungszyklen mitunter nicht genau aufeinander liegen, kann es vorkommen, dass Forscher bei Corporate Technology eine Entwicklung mit exzellenten Ergebnissen abschließen, aber der ursprünglich interessierte geschäftsführende Bereich inzwischen seinen Investitionsfokus verlagert hat", erklärt Dr. Thomas Lackner, Geschäftsführer des Siemens Technology Accelerators (STA). Wenn Siemens die Technologien nicht aufgreift, sie aber auf dem externen Markt sehr gute Erfolgsaussichten haben, können sie in Start-up-Firmen weitergeführt werden. „Die Bereiche geben eine Technologie gerne in den Markt, wenn sie aus den genannten Gründen nicht investieren möchten, eine Geschäftsbeziehung zum Start-up aber von beiderseitigem Interesse ist", sagt Lackner.

**STA als Wegbereiter.** Die Firmen EnOcean und Panoratio sind zwei von fünf Start-ups, die der STA seit 2001 gegründet hat. Die Forscher, die hinter den Innovationen stehen, haben nicht nur etwas Bemerkenswertes entwickelt, sie besitzen gleichzeitig Technopreneurship – den Willen, ihre Entwicklung in den Markt zu bringen. Der STA versteht sich dabei als Wegbereiter. „Natürlich stellen wir finanzielle Mittel zur Verfügung", sagt Lackner. „Wichtiger ist aber die Unterstützung, die wir darüber hinaus leisten." „Wenn man eine Firma gründet, Kunden, Geldgeber und Kooperationspartner sucht, erlebt man immer wieder Rückschläge", ergänzt Andreas Schneider, Vice President Sales von EnOcean. „Heute stehen wir auf solch soliden Beinen, dass wir sie problemlos verkraften. Das sieht in der Anfangsphase jedoch ganz anders aus."

## Start mit Herzklopfen: das „EKG" eines Start-up-Unternehmens




**Die Hochs und Tiefs, die in jeder Start-up-Firma auftreten – wie hier am Beispiel der EnOcean GmbH gezeigt – können wesentlich besser gemeistert werden, wenn man einen erfahrenen Partner wie den Siemens Technology Accelerator an seiner Seite hat.**

**EnOcean** ist die bisher erfolgreichste Ausgründung des STA (siehe *Pictures of the Future*, Frühjahr 2002, S.70). Die Grundidee ist, Energie, die von Natur aus vorhanden ist, intelligent umzuwandeln und damit Funksignale zu übertragen. Schneider heftet einen Lichtschalter an einen Baum, drückt darauf, und eine weit entfernte Gartenlaterne geht an. „Der Schalter hat keine Batterie", erklärt er. „Das Sendemodul kommt allein mit der Energie aus, die beim Kippen des Schalters freigesetzt wird." Während EnOcean hier auf Piezotechnik setzt, verwendet die Firma bei Sensorikanwendungen kleine Solarzellen. Die aktuellste Entwicklung ist ein Funksensor, der im Auto Reifendruck und -temperatur überwacht. Die Energie gewinnt er aus der Vibration des Reifens. „Hier liegt EnOcean sogar vor dem Businessplan", freut sich Thomas Lackner. „Der Eintritt ins Automobil-Zuliefferergeschäft war erst später vorgesehen."

**Feiern und Krisensitzungen.** Doch vor dem Erfolg lag ein steiniger Weg. Zunächst mussten die Geschäftsbereiche davon überzeugt werden, dass der Schritt auf den freien Markt eine gute Idee wäre. Schließlich gelang es dem STA, den Bereich Automation and Drives als starken Promoter zu gewinnen. Es folgte eine sehr euphorische Phase, in der die Unternehmensgründung vorangetrieben wurde, bis plötzlich der führende Leitkunde absprang – trotz vorheriger Zusage auf Top-Management-Ebene.

„Damit hatte niemand gerechnet", beschreibt Lackner die damalige Situation. „Der Glaube in die Vermarktbarkeit der gesamten Technologie war erschüttert." Doch es sind diese Momente, in denen der STA die Jungunternehmer nicht alleine lässt. „Wir haben eine Krisensitzung einberufen und vereinbart, zur ELTEC, einer führenden Messe für Gebäudetechnik, Schaltgeräte und Industriesteuerungen, nach Nürnberg zu gehen." Der Auftritt war ein grandioser Erfolg. Über 30 neue Kunden interessierten sich für die Technologie, und EnOcean wurde offiziell zum innovativsten Produkt der Messe gekürt. „Es war der STA, der uns im entscheidenden Moment zusammengehalten und uns Perspektiven aufgezeigt hat", sagt Andreas Schneider.

**Die richtigen Pilotkunden.** Das jüngste Unternehmen, das der STA betreut, ist die Panoratio GmbH. Michael Haft, Chief Scientific Officer, erinnert sich: „Ursprünglich sollte das Entwicklungsteam in einen geschäftsführenden Bereich wechseln. Die Personalabteilungen hatten sich schon geeinigt, als der Transfer platzte." Enttäuscht suchten er und seine Kollegen das Team von Dr. Lackner auf. Nach kurzem gewann der STA Karstadt/Quelle als Pilotkunden – für Michael Haft ein Volltreffer. „Die Kollegen vom STA waren bereit, sich auf unsere Ideen einzulassen. Wenn man eine Technologie zu einem so frühen Zeitpunkt übernimmt, dann ist das immer ein gewisses Risiko." Doch die Lösung von Panoratio passte genau auf die Anforderungen des Kundens. „Seitdem gab es keine solchen Tiefs mehr", sagt Haft. Gerade sind Projekte mit Siemens Power Generation und Siemens Health Services unterschrieben worden, und der STA ist mit Venture-Capital-Gebern in Verhandlungen. „Es wird eine Herausforderung, Risikokapital zu vernünftigen Konditionen zu bekommen." Aber die Zuversicht in den Partner ist da. „Beim STA sitzen Profis, die das alles schon ein paar Mal durchgemacht haben", sagt Dirk Owerfeldt, CEO von Panoratio. ■ *Guido Weber*

## Panoratio – MP3 für Datenbanken

**In den Datenbanken** großer Handelsketten, Versicherungen oder Hersteller liegen zahlreiche Informationen über Millionen von Kunden – nicht selten mehrere Terabyte (1000 Gigabyte) an Daten. Will man sie nutzen, um etwa eine Marketing-Kampagne zu optimieren, müssen Dutzende von Parametern als relevant identifiziert und miteinander verrechnet werden. Die statistische Auswertung liegt meist in den Händen von Experten des Rechenzentrums, doch viele Mitarbeiter in Management und Vertrieb brauchen solche Analysen aktuell und vor Ort.

Um dies zu ermöglichen, entwickelten die Experten um Dirk Owerfeldt, CEO der Panoratio GmbH, eine Art MP3 für Datenbanken. Beim MP3-Verfahren werden von Musikdaten die Signale abgetrennt, die für das Hörerlebnis nicht relevant sind. Analog überträgt Panoratio nur die Informationen in ein Datenbankabbild, die für Analysezwecke benötigt werden, etwa das Wissen um Zusammenhänge. Personen- oder Straßennamen, die viel Platz in einer Datenbank belegen, werden für Statistiken nicht gebraucht. Die verbliebenen Informationen werden durch ein neues, patentiertes Verfahren komprimiert und in eine Form gebracht, die blitzschnelle Analysen von bisher nicht erreichter Tiefe auf Standard-PCs ermöglicht. So wird aus den ursprünglich Terabyte umfassenden Daten ein Abbild erstellt, das millionenfach kleiner ist: Seine Größe beträgt zwischen 800 Kilo- und 20 Megabyte. „Wir gehören damit in den Bereich der In-RAM-Lösungen, also Programmen, die sich während der Anwendung vollständig im Arbeitsspeicher befinden. Das gesamte Datenmodell befindet sich bei uns im RAM", sagt Owerfeldt.

Dies und die Beantwortung der Anfragen in Echtzeit wären schon zwei Herausstellungsmerkmale, doch Panoratio zielt auf Märkte, die noch höhere Anforderungen haben. Fließen in gängige Auswertungen 15 bis 20 Parameter ein, so sind es bei Panoratio weit mehr – so fordert eine Entwicklungsvereinbarung mit Siemens Power Generation (PG), über 1000 Parameter zu berücksichtigen. „Bei der Optimierung des Kraftwerksbetriebs wertet PG immense Mengen an sensorischen Daten aus," erklärt Owerfeldt. "Unsere Kunden wollen unter Vorgabe bestimmter Rahmenbedingungen den optimalen Betriebszustand wissen – auf Knopfdruck vom Laptop, der neben der Turbine steht." Die Abfragen müssen also auch von jedermann durchführbar sein. Um dies zu belegen, schiebt Owerfeldt lächelnd sein Notebook über den Tisch und fragt: „Was ist der optimale Betriebszustand, wenn der $CO_2$-Sensor einen niedrigen Wert liefert, zugleich die Brennkammertemperatur hoch ist und der Schwingungssensor kein Turbinenbrummen meldet?"

BENUTZERFREUNDLICHKEIT
# HIGHLIGHTS






**Altwerden zu Hause im Jahr 2015: Ein großer Bildschirm ist zugleich Fernseher, Computermonitor und Anzeigetafel für Informationen. Die Unterhaltungs- und Haustechnik ist in einem Multimedia-System vereint, das seine Anweisungen über eine Fernbedienung oder per Sprache erhält. Avatare sind eine einfach zu bedienende Schnittstelle zur Technik. Senioren können zu ihrer eigenen Sicherheit auch Gesundheitsdaten an ein medizinisches Servicezentrum übermitteln.**



# Oma allein zu Haus

Mai 2015: Eine Universal-Fernbedienung und ein Avatar helfen der 78-jährigen Olivia Berger, ihr Leben alleine zu meistern.

Kurz nach dem Frühstück erreichte sie der Video-Anruf. Olivia Berger drückte den Empfang-Knopf auf ihrer Fernbedienung und sah das besorgte Gesicht ihres Sohnes Bernd. „Hallo Mutter", sagte er. „Wie geht es dir?" „Prima", entgegnete Olivia, unterließ es aber, den Schalter zur Übermittlung des eigenen Bildes zu betätigen. Sie hatte sich nach dem Duschen nicht frisiert und saß mit ihrem grauen Haargewirr vor dem großen Bildschirm im Wohnzimmer. „Ich war gestern Abend im Theater, Goethes Faust als Ballett. Was gibt's?" „Ich rufe nur an, weil, ich hatte gestern kein gutes Gefühl", druckste

Bernd herum. „Das ist lieb von dir. Aber es war alles OK. Ich hatte mich nur ein bisschen hingelegt." „Gut, dann bin ich beruhigt. Du klingst recht munter. Sag mal, hast du am Samstag schon was vor?" „Nein", antwortete sie, und ihr Herz hüpfte. „Soll ich euch die Kinder abnehmen?" „Das wär' klasse." Bernd strahlte. „Dann könnten wir mal alleine zu einem Gartenfest gehen." „Kein Problem. Ruf' einfach an, wann ihr die beiden bringt." „OK, Mutter, machen wir. Vielen Dank."

Olivia scheuchte ihre Katze Pebbles von der Kommode; dabei fiel ihr Blick auf das elektronische Porträt von ihr. Tatsächlich, der Ball von gestern war kleiner und blasser als die anderen. Kein Wunder, dass Bernd sich gemeldet hatte. Die Bälle symbolisierten ihre Aktivität an jedem Tag. Zunächst war sie dieser Technik gegenüber misstrauisch gewesen. Aber es funktionierte gut. Das System ist dafür gedacht, dass ältere Menschen in den eigenen vier Wänden wohnen bleiben können. Sensoren zeichnen ihre Bewegungen auf, auch die Nutzung des Heimnetzes oder von Haushaltsgeräten.

Daraus berechnet das Home-Care-System ein Aktivitätsmuster, stellt es als bunten Ball dar und überträgt es verschlüsselt an ihre drei Kinder, bei denen dieselben Porträts stehen. Wenn sie sich wie gestern wenig bewegt, wird der Ball blasser. Die Kinder bemerken das und erkundigen sich dann, wie es ihr geht. Einmal am Tag verwendet Olivia auch ein kleines Diagnosegerät, das Puls, Blutdruck und einige Blutwerte misst und an eine Gesundheitszentrale schickt. Bei Unregelmäßigkeiten meldet sich sofort ein Arzt.

Gestern hatten die Sensoren registriert, dass sie sich mehrere Stunden nicht bewegt hatte, und am Abend war sie gar nicht da. Das hatte sie vergessen, dem System mitzuteilen. „Frankie!" rief sie zu ihrem Bildschirm gewandt, und die Comicfigur ihres Avatars tauchte auf. „Was ist, Olivia?" fragte Frankie, den sie nach einem Schauspieler aus ihrer Jugend benannt hatte. „Frankie, bitte schalte das nächste Mal die Datenübermittlung an das Home-Care-System ab, wenn ich mich hinlege oder abends weggehe. Ich vergesse das offenbar immer. Und schicke eine Mail an meine Söhne Dominik und Thomas, dass es mir gut geht." Sie musste jeden Befehl an den Avatar ihres Mediensystems mit seinem Namen beginnen, damit er sich angesprochen fühlt. „Verstanden", sagte Frankie. „Bitte mit der Fernbedienung bestätigen."

Die Fernbedienung ist ein kleiner Taschencomputer mit Display. Damit kann Olivia fast alles im Haushalt bedienen. Alarmanlage, Jalousien, Licht, Heizung, den Haushaltsroboter Arnie und natürlich ihr Mediensystem, in dem Musik, Video, Fernsehen, Telefon und Internet vereint sind. Früher gab es für alles eigene Geräte. Und eigene Fernbedienungen. Heute kann sie mit dem kleinen Gerät auch per Sprachbedienung telefonieren und es bequem an ihrem Gehstock befestigen. Als ihr sinnierender Blick auf Pebbles fiel, der bei Arnie in der Küche saß, schüttelte sie lächelnd den Kopf: „Du bist die erste Katze, die schnurrend um einen Roboter herumstreicht!"

„Olivia", riss Frankie sie aus ihren Gedanken. „Ich sollte doch nach der „Columbo"-Folge von 1968 suchen, in der es um den Psychiater geht. Sie wird heute auf Star TV gezeigt." „Frankie, bitte nimm' den Film auf DVD auf", sagte Olivia. „OK", sagte Frankie. „Bitte bestätigen." Olivia bestätigte und prüfte dann ihre Lebensmittelbestellung. Größere Mengen, auch Tiefgekühltes, ließ sie sich nach Hause in ihre SkyBox bringen, die von außen zugänglich ist. Brötchen oder Milch holte sie selbst. Für die Enkel wollte sie aber Süßigkeiten und Eis vorrätig haben. Sie wählte sich in das Bestellsystem ein und orderte Schokolade und einen Liter Vanilleeis. Olivia freute sich jetzt schon, wenn die beiden Kinder durch ihre Wohnung toben und ihre versenkbare Rampe an der Treppe wieder zur Rutschbahn machen würden. „Das Home-Care-System wird große bunte Bälle anzeigen", dachte sie.

*Norbert Aschenbrenner*





# In Fesseln tanzen

**Die Gestaltung von Produkten soll sich an den Bedürfnissen der Anwender und nicht nur am technisch Machbaren orientieren. Künftig werden Geräte auch mit Sprache bedient, und der Spaß beim Benutzen gewinnt an Bedeutung.**



**Das Urteil des Verbrauchers: Testpersonen nehmen eine Waschmaschine unter die Lupe. Zugleich beobachten Experten des Siemens Usability-Labors in München durch eine Glasscheibe und auf Monitoren, wie der jeweilige Tester mit dem Gerät und den gestellten Aufgaben zurechtkommt.**

Ob Handy oder Heimkino, Produktionsanlage oder Kraftwerkszentrale – Dinge unseres Alltags haben ihre Tücken. Geräte sind mit Knöpfen übersät, Menüs unübersichtlich und Webseiten verschachtelt. Nutzer erwarten heute aber, dass Produkte zuverlässig funktionieren, bei einem guten Preis ein ansprechendes Design bieten und einfach zu bedienen sind. Bedienerfreundlichkeit, in der Fachwelt Usability genannt, wird zu einem schlagkräftigen Verkaufsargument.

Vor allem die Hersteller von Software haben die Zeichen der Zeit erkannt und kräftig in Usability-Forschung investiert. Sie reagieren auf alarmierende Aussagen wie jene des Beratungsunternehmens Nielsen Norman Group in Kalifornien. Demnach bringen sich E-Commerce-Unternehmen um die Hälfte ihres potenziellen Umsatzes, weil sich die Besucher auf den Webseiten nicht zurechtfinden. Bei US-Unternehmen wie Oracle, Microsoft oder dem Usability-Berater Human Factors International beschäftigen sich insgesamt Hunderte von Psychologen, Designern und Ingenieuren mit der Bedienerfreundlichkeit von Software. Dennoch: Trotz des wirtschaftlichen Potenzials (siehe S. 65) räumten neben der Online-Branche lange Zeit nur einige Großkonzerne dem Thema Gebrauchstauglichkeit in der Produktentwicklung einen festen Platz ein. „Erst in den vergangenen drei Jahren haben immer mehr Unternehmen die Bedeutung erkannt", sagt Kerstin Röse, Juniorprofessorin für nutzergerechte Produktentwicklung an der Universität Kaiserslautern. „Von einer optimalen Usability-Umsetzung sind wir noch weit entfernt."

**30 Jahre Erfahrung.** „Technik muss nach den Bedürfnissen und Wünschen der Benutzer gestaltet werden", fordert Prof. Michael Burmester, Usability-Experte an der Hochschule der Medien in Stuttgart (siehe Interview S. 66). Genauso denkt Stefan Schoen, bei Siemens Corporate Technology Leiter des User Interface Design (UID) Centers. Aus seiner Praxis leitet er das Credo ab: „Technik kann noch so gut sein, wenn sie nicht bedienbar ist, bringt sie dem Nutzer nichts." Bei Siemens beschäftigen sich Experten seit mehr als 30 Jahren mit der Ergonomie von Geräten und Arbeitsplätzen, in den 80er Jahren kam auch die Gestaltung von Softwareoberflächen hinzu. Eng verzahnt in die Entwicklungsprozesse beraten Schoen und sein Team heute die Siemens-Bereiche. Sie analysieren, was Kunden brauchen, indem sie sie im Alltag beobachten und zu ihren Anforderungen befragen. Danach gestalten sie User Interfaces, also Schnittstellen zwischen Technik und Mensch, vom Konzept über Prototypen bis zur Umsetzung – ob Handys, Computertomographen oder Automatisierungssoftware. Das UID Center hat Standorte in München, Princeton und Peking mit rund 40 Mitarbeitern.

„Es bringt wenig, wenn Techniker mit einer fast fertigen Software zu uns kommen und uns auffordern, die Bedienbarkeit zu verbessern", sagt Nuray Aykin, Leiterin des UID Centers in Princeton. „Usability ist nur erfolgreich, wenn sie zu jeder Zeit in die Entwicklung eingebunden ist." Dann bringt der Aufwand laut Aykin einen hohen Ertrag: Der Markteintritt erfolgt rascher, weil durch fundierte Untersuchungen frühzeitig klar ist, wie das User Interface gestaltet sein muss. Mit heißer Nadel gestrickte Änderungen, die ein Produkt dramatisch verzögern können, sind dann oft vermeidbar. Aykins Kollege Schoen ergänzt: „Auch die Produktqualität ist besser, wenn die Anforderungen der Nutzer von Anfang an berücksichtigt sind." (siehe S. 62)

**Hoher Anspruch.** Im Juni 2003 tauschten mehr als 100 Experten aus nahezu allen Siemens-Bereichen in New York ihre Erfahrungen bei der benutzerfreundlichen Gestaltung für User Interfaces aus – von Handys über medizinische Geräte bis zu Bedienmenüs im Gebäudemanagement. „Als Technologieführer muss Siemens auch im Design hohen Ansprüchen gerecht werden", sagt Ruth Soenius, die sich mit der Darstellung der Marke Siemens beschäftigt. Soenius will den Siemens-Produkten ein wiedererkennbares Design geben. Dies ist heute nicht immer der Fall, etwa bei Oberflächen für Software. Microsoft habe in seinen Programmen durch die Wiedererkennbarkeit einen Wert für die Marke und dazu praktische Vorteile für die Anwender geschaffen, meint Soenius.

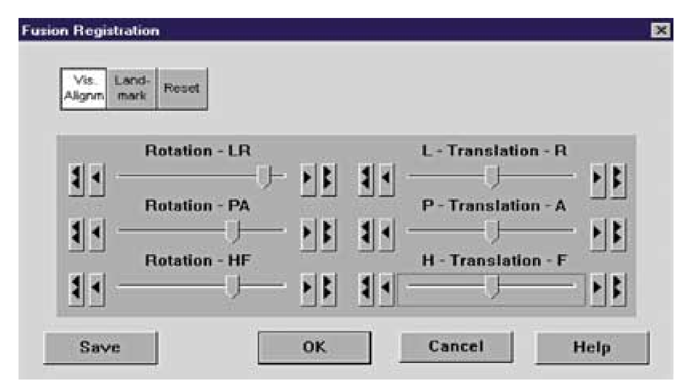
Dieses Konzept steckt auch hinter *syngo* und Soarian, den Software-Plattformen von Siemens Medical Solutions. Alle bildgebenden Verfahren, ob Röntgen, Angiographie oder Magnetresonanz-Tomographie, haben dieselbe Bedienoberfläche. Bei mehr als 45 Systemen der Medizintechnik finden sich die Nutzer mit *syngo* schneller zurecht und arbeiten sich rascher ein. Ärzte können ihre radiologischen Patientendaten verwalten und die Bilder auswerten, um mehr Informationen – etwa über einen Tumor – zu bekommen. Soarian beruht ebenfalls auf *syngo*-Designgrundlagen. Die umfassende Software fürs Krankenhaus orientiert sich an Arbeitsabläufen und synchronisiert alle Behandlungsschritte medizinisch sinnvoll und wirtschaftlich effizient (siehe S. 64).

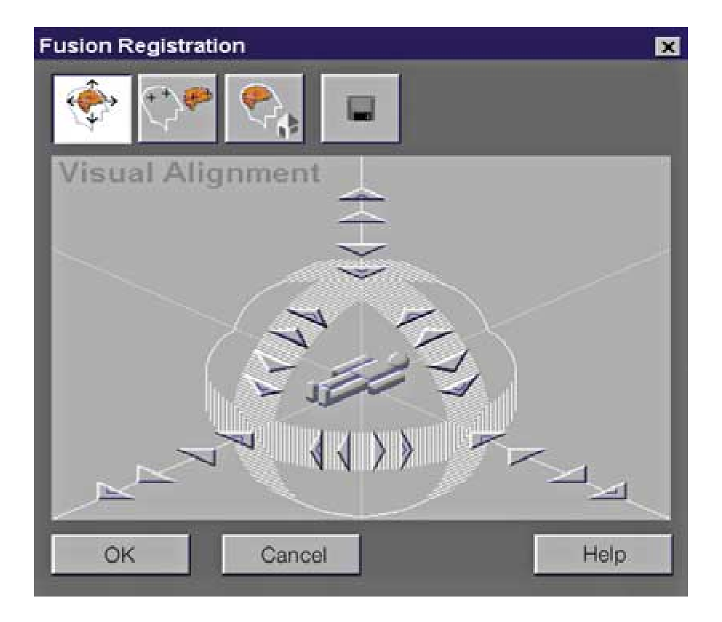
Axel Platz von Siemens Corporate Technology hat das *syngo* User Interface mit den Experten der Medizintechnik konzipiert. „Gestalten heißt, in Fesseln tanzen" – mit dem Zitat des Bauhaus-Gründers Walter Gropius beschreibt Platz seine Arbeit. Denn gute Bedienbarkeit unterliegt strengen Kriterien, es gibt sogar ISO-Normen, die unter anderem verlangen, dass Systeme selbst beschreibend und steuerbar sind. Das heißt etwa, dass ein Computerprogramm dem Nutzer mitteilt, was es an bestimmten Stellen für eine Eingabe erwartet. Zu diesen Kriterien addieren sich die Vorgaben der Entwickler, die möglichst viele Funktionen einbauen wollen, und die Erwartungen der Nutzer an die Einfachheit. Aus diesem Mix zum Teil widersprüchlicher Anforderungen müssen Leute wie Platz eine Verbindung zwischen Technik und Mensch schaffen, die auch noch schön aussehen soll.

Bei *syngo* ist das gelungen. Platz zeigt stellvertretend eine Eingabemaske, mit der Ärzte zwei Computerbilder überlagern können (siehe Bilder unten und rechts). Dazu muss ein Bild in allen drei Raumrichtungen gedreht und verschoben werden können. Der ursprüngliche Entwurf bestand aus sechs Schiebereglern mit unklaren Beschreibungen und unzähligen Buttons. „Wir hätten natürlich die Schriften leserlicher, die Buttons größer und die Farben anders machen können", sagt Platz. Mit diesem Ansatz sei ein System aber nur beschränkt optimierbar. Große Sprünge gelängen nur mit völlig neuen Überlegungen: Jetzt ist auf der Schaltfläche ein stilisierter Patient im Zentrum, der mit Hilfe grafischer Tricks scheinbar in einer Kugel schwebt. Drei Regler für die Rotation des Bildes befinden sich auf der Kugel, die drei für das Verschieben weisen in die drei Raumrichtungen. „Für Ärzte ist dieses Design selbst erklärend", sagt Platz. Bei der Konzeption von *syngo* sei jede Menge Wissen zusammengetragen worden, das künftige Projekte bedeutend erleichtere, egal in welchem Siemens-Bereich. So arbeiten auch Automatisierungsexperten bereits mit Platz an innovativen User-Interface-Konzepten.

**Spaß beim Benutzen** *ist entscheidend für die* **Attraktivität** *eines Produkts.*






**Selbst erklärende Software: *syngo*, die Plattform für bildgebende Verfahren von Siemens Medical Solutions, lässt sich sehr intuitiv bedienen (links). Rechts ein Detail: Der Designer Axel Platz wählte eine radikal neue, räumliche Darstellung, um Computerbilder einander überlagern zu können. Zuvor mussten die Ärzte unübersichtliche Schieberegler und Schaltflächen bedienen (oben).**

„Wir bauen nicht etwas, wir lösen etwas auf", meint der Designer. „Wenn unsere Arbeit gut geworden ist, ist sie nahezu unsichtbar." Die Aussagen machen deutlich, dass gutes User Interface Design auch von weichen Faktoren bestimmt wird und viel Gespür gefragt ist. So ist aufgesetzte Ästhetik eher schädlich, weil Anwender solche Produkte als nicht glaubwürdig einstufen. „Es muss schon der Zusammenhang zwischen Funktion und Gestaltung erkennbar sein", sagt Platz. „Aber wir müssen auch etwas erschaffen, das nicht so aussieht, als sei es von den Bedingungen diktiert."

Doch die Fesseln lockern sich. Die Technik schreitet voran und gibt den Usability-Experten mehr Spielraum – stellt sie aber auch vor neue Herausforderungen. Am einfachsten wären Geräte oder Computer zu bedienen, verstünden sie unsere Sprache. Schon heute gibt es Sprachsteuerung bei Handys oder bei Auto-Navigationssystemen. Systeme mit Alltagssprache wird es aber nach Expertenansicht erst in einigen Jahren geben. Im Rahmen des im Juni 2003 abgeschlossenen Forschungsprojekts Embassi bauten die Partner ein Wohnzimmer der Zukunft, in dem Videorekorder, Fernseher, Ventilator, Licht und Jalousie aufs Wort gehorchen. Der Nutzer kann seine Sprachbefehle auch mit einem Fingerzeig oder der Fernbedienung kombinieren, um etwa den Raum zu erhellen. Diese kombinierbaren Eingabemöglichkeiten können durch Avatare unterstützt werden, die für Menschen eine Schnittstelle ins Internet darstellen (siehe S. 73). Eine Rolle spielt auch das Zusammenwachsen der Kommunikationsgeräte. In einigen Jahren können Nutzer beispielsweise Musik aus dem Internet abrufen – auf dem Handy, einem PDA, dem Notebook, dem PC, dem Autocomputer und wohl auch dem Fernseher.

**Sympathisches Produkt.** Einen Trend, den nicht zuletzt die Experten des UID Centers von Siemens Information and Communication Mobile sehr ernst nehmen, ist die Personalisierung. Heute sind individuelle Handy-Klingeltöne der Renner. Künftige Produkte haben noch mehr Gestaltungsmöglichkeiten. Solche Geräte sind sympathisch und machen Spaß, egal ob ein Handy einzigartig klingelt oder der Computer den Nutzer an der Stimme erkennt und die Programme lädt, mit denen dieser immer arbeitet. Forschungen ergaben, dass „Fun of use" entscheidend zur Attraktivität von Produkten beiträgt.

„Noch ist völlig unklar, wie man gezielt Dinge erzeugt, die beim Arbeiten Spaß machen", sagt der Fachmann Michael Burmester. Auch deshalb gewinnen Usability-Tests immer größere Bedeutung. In so genannten „Wizard of Oz"-Tests gaukelt ein Mensch dem Anwender vor, das System sei mit einer vollkommenen Sprachsteuerung ausgestattet. So können schon heute die Techniken von morgen auf ihre Alltagstauglichkeit überprüft werden. Ein interessantes Ergebnis: Viele Nutzer sind noch nicht reif für einen Sprachdialog mit dem Computer. Statt in normalen Sätzen zu sprechen – die heute bereits viele Systeme verarbeiten könnten – verwenden sie statische Ein-Wort-Kommandos. Das ist nicht die einzige Überraschung. Bei Usability ist viel Psychologie im Spiel. Menschen handeln oft anders, als vorher angekündigt. Und so bemühen sich UI-Designer manchmal auch vergeblich: Aus Usability-Gesichtspunkten wäre es sicher wünschenswert, ein Handy simpel auszulegen. Dann würden ältere Personen damit besser zurechtkommen (siehe S. 70). Aber wenn der Kunde im Laden steht und die Wahl hat zwischen einem Gerät mit 50 und einem mit 100 Funktionen, dann nimmt er nicht selten das komplexere Handy – auch wenn er es vielleicht weniger gut bedienen kann. ■ *Norbert Aschenbrenner*




Im Usability-Labor von ICM: Getestet werden neue Handys, auch als Prototypen, und Zubehör wie ein Eingabestift (kleines Bild rechts). Die Versuchsleiter beobachten mit Videokameras, wie die Testpersonen mit den Geräten zurechtkommen (ganz rechts).

# Was Kunden wollen

**Die Zauberformel für zufriedene, ja sogar begeisterte Käufer heißt „benutzerzentrierte Gestaltung“. Siemens-Experten binden Anwender in den Entwicklungsprozess ein und finden heraus, welche Anforderungen ein Produkt erfüllen muss und wie es aussehen soll.**

In dem Film „Was Frauen wollen“ kennt der Protagonist plötzlich die Vorlieben und Wünsche der Frauen und gewinnt so ihre Herzen. Dem Hauptdarsteller Mel Gibson gelingt dieses Kunststück nur, weil er nach einem Stromschlag die Gedanken aller weiblichen Wesen in seiner unmittelbaren Umgebung hört. In einer ähnlichen, aber weit schwierigeren Lage sind alle Entwickler und Produktmanager: Sie sollen wissen, was Kunden wollen – können aber keine Gedanken lesen. Dennoch müssen sie nicht völlig im Dunkeln tappen. Ein erprobtes Werkzeug, ein Produkt vor dem Markteintritt an potenziellen Käufern auszuprobieren, ist ein Usability-Test.

„Oh Gott“, stöhnt Olga Tsotsokou. „Man kommt sich ja vor wie drei Jahre alt.“ Die 30-Jährige ist eine von 15 Personen, die im Usability-Labor von Siemens Information and Communication Mobile (ICM) in München ein neues Eingabegerät für Text und Grafik für Handys ausprobieren. „Aber ganz ausgereift ist das noch nicht. Bleibt der Knubbel da vorne?“ fragt sie interessiert. Versuchsleiter Volker Bogacki klärt sie auf: „Nein, das ist nur ein Prototyp. Wenn der Stift auf den Markt kommt, sieht das eleganter aus, und er wird viel schlanker sein.“ „Der ist wirklich noch ziemlich klobig“, gibt Olga Tsotsokou unverblümt zurück, und wählt aus fünf angebotenen Versionen das Design, das ihr am besten gefällt.

„Uns sind ehrliche Antworten wichtiger als Höflichkeitsadressen“, erklärt Lutz Groh, Leiter dieses Usability-Labors. In seinen Räumen testen Versuchspersonen jeden Alters Handys, Zubehör und Schnurlostelefone in allen Stadien der Entwicklung. „Wir sind in den gesamten Prozess eingebunden“, sagt der gelernte Pädagoge. „Verheimlicht wird nichts – wenn das Resultat eines Tests schlecht ist, hilft das den Entwicklern schließlich, das Produkt zu verbessern.“ Durch eine Glasscheibe beobachtet er die Frau, die im Nebenzimmer gerade mit dem Stift einen Satz eintippt. Das Eingabegerät ist eine Innovation des Competence Centers User Interfaces von ICM, zu dem auch das Usability Labor gehört.

*„**Ehrliche Antworten** sind uns wichtiger als Höflichkeitsadressen, denn sie **helfen den Entwicklern**, ihre Produkte zu verbessern.“*

**Handy mit Zauberstift.** Wie mit einem Kugelschreiber kann der Nutzer mit dem Eingabestift auf beliebigen Oberflächen – sogar auf seiner Hose – schreiben, nur dass das Geschriebene unsichtbar bleibt und stattdessen auf einem Handy-Display erscheint. Im Test wird das auf einem Computermonitor simuliert, da die Software noch nicht in ein Handy integriert ist. Der Stift funktioniert mit einem Sensor in Verbindung mit einer komplexen Elektronik. Sie registrieren die Bewegungen und melden sie weiter. So kann der Nutzer Wörter eingeben, indem er Buchstabe für Buchstabe auf einer im Display abgebildeten Tastatur antippt. Auch die Übertragung handschriftlicher Zeichen ist möglich, etwa zur Markierung eines Treffpunkts auf einer Karte. Der Stift, der seine Daten via Bluetooth ans Handy übertragen soll, wird derzeit zur Marktreife entwickelt.

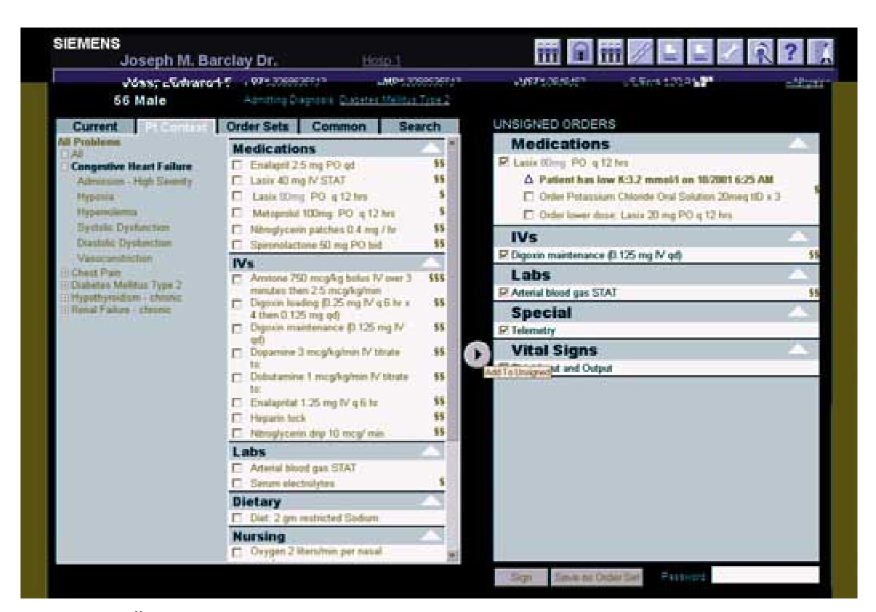


„Hey, das macht ja langsam Spaß“, freut sich Olga Tsotsokou. Nach wenigen Minuten hat sie sich an die Handhabung des Stifts gewöhnt und tippt den Satz bei der Wiederholung bedeutend schneller ein. Der Versuchsleiter Bogacki kann das auch objektiv messen. Unbeobachtet von der Versuchsperson stoppt er für jede Aufgabe die Zeit mit. „Doch, so was würde ich mir kaufen“, sagt sie schließlich. „Für einen Palm ist das ideal.“ Nun soll sie das neue Handy M55 begutachten. Hier ist eine Funktion namens Dynamic Lights integriert, die eingehende Anrufe oder SMS mit rhythmisch blinkenden roten Lichtsignalen anzeigt – seitlich und an der Vorderseite des Geräts. „Witzig“, urteilt die Testerin trocken. Bogacki sagt ihr, sie solle jetzt verschiedene Blinkfolgen ansehen und beurteilen. „Sagen Sie alles, was Ihnen in den Sinn kommt“, ermuntert er sie. „Ich finde das Feature nicht schlecht“, meint Olga Tsotsokou. „Besonders für Gehörlose ist es sinnvoll, weil sie dann quasi sehen, wenn es klingelt.“

„In letzter Konsequenz entscheidet natürlich der Produktmanager über das Aussehen und die Funktionen eines neuen Handys“, sagt Usability-Experte Groh. „Aber wir können aufgrund unserer Daten ziemlich gut sagen, was ankommt und was nicht.“ Beispiel M55: Tests an einem Kunststoffmodell ergaben, dass die Versuchspersonen mit dem geplanten Design der Tasten nicht zurande kamen. „Daraufhin wurde die Anordnung leicht umgestaltet und der Tastenhub vertieft“, berichtet Groh (siehe Fotos S. 64).

**Der Kunde im Labor.** Ein Usability-Test beginnt lange bevor die erste Testperson im Labor Platz nimmt – und er endet lange nachdem die letzte gegangen ist. „Wir schauen den Anwendern zu, wie und in welcher Umgebung sie mit einem Objekt umgehen, um typische Nutzungsszenarien und Anforderungen abzuleiten“, erklärt Stefan Schoen, der Leiter des User Interface Design Centers von Siemens Corporate Technology. Zugleich befragen seine Experten die Anwender. „Was macht wer in welcher Weise mit welchem Ziel?“ umreißt Schoen den umfangreichen Katalog.

Wie wichtig der Kontakt zu den Nutzern ist, zeigt das Beispiel Soarian (siehe S. 60 und 64). Um das Krankenhausinformationssystem weiter zu verbessern, besuchen Mediziner von Siemens Ärzte und Krankenhauspersonal im klinischen Alltag und erkunden deren Bedürfnisse. Mit Erfolg: Bisher haben mehr als 50 Kliniken die Software-Plattform bestellt. Bei Soarian sieht der Arzt auf einen Blick, welche Aufgaben er bei welchen Patienten erledigen muss. Die medizinisch dringendsten Informationen stehen dabei an erster Stelle. Für jeden Patienten kann er alle Diagnosen sofort abrufen. Verlangt der Arzt weitere Untersuchungen, schlägt ihm das System




**Beliebt bei Ärzten: Das Krankenhausinformationssystem Soarian ist optimal an den Arbeitsablauf in einer Klinik angepasst. Ärzte und Bedienpersonal sehen auf einen Blick, welche Aufgaben sie in welcher Reihenfolge erledigen müssen.**

gezielt die medizinisch und wirtschaftlich sinnvollen Leistungen vor. Und der Arzt kann sich in einem Schritt Notizen in der elektronischen Patientenakte machen und Medikamente verordnen – bei allen anderen Software-Produkten muss der Arzt zwischen zwei Oberflächen wechseln.

Die Usability-Experten nehmen zudem eine Vielzahl von Siemens-Produkten unter die Lupe. Bei der Software Connexx, die zum Anpassen von Hörgeräten verwendet wird, erkannte das Team von Schoen etwa sofort, dass Hörge-räteakustiker für Klangbeispiele externe Ge-räte verwenden mussten. In der neuen Ver-sion, die 2004 auf den Markt kommt, sind nun Klangdateien für verschiedene Hörsituationen integriert. Außerdem unterstützt die Software den Händler bei der Auswahl und der Bestellung des richtigen Hörgeräts, und der Kunde kann Bilder des am Ohr befestigten Geräts schon während des Beratungsgesprächs anschauen (siehe S. 65).

**Ausgewählte Testpersonen.** Nach den Voruntersuchungen findet der eigentliche Usability-Test statt, in dessen Konzeption alle bisherigen Ergebnisse einfließen. Auch die Auswahl der Testpersonen spielt eine Rolle: Ihre Herkunft, ihre Ausbildung, und ob sie das zu testende Produkt in einer früheren Version schon kennen. „Wir laden von jeder Zielgruppe etwa fünf Leute ein“, sagt Schoen. Aus den Beobachtungen und den Antworten der Testpersonen leitet das Usability-Team dann Verbesserungsvorschläge ab. Wie dringlich sind bestimmte Änderungen, was fallen dabei für Kosten an? Bei der Hörgeräte-Software Connexx ergab der Test, dass die Software für Händler ohne Fachausbildung zu komplex war. Gelernte Hörgeräteakustiker dagegen forderten die Möglichkeit der ausgefeilten Feineinstellung des Geräts. Jetzt gibt es beide Wege. Ein Bedienmodus ermöglicht die Anpassung eines Hörgeräts weitgehend automatisch; der Händler muss weniger als zehn Parameter eingeben. In einem weiteren Bedienmodus können Experten die volle Variationsbreite von mehr als 50 Parametern nutzen.

**Gute Testnoten.** Im ICM Usability Labor hat Testerin Olga Tsotsokou inzwischen die abschließende Befragung hinter sich. Sie war die letzte der 15 Versuchspersonen. Nun beginnt für Usability-Lab-Chef Lutz Groh und sein Team die Auswertung. Für den Eingabestift erweist sich die Usability-Untersuchung als hilfreich. Zum einen gaben die Tester dem Stift bezüglich der Handhabung gute Noten, was die Entscheidung stützt, ihn als Zubehör anzubieten. „Die Leute würden so was gerne benutzen; die Texteingabe bereitet ihnen sogar ein gewisses Vergnügen“, berichtet Groh. Zum anderen tendierten alle Tester zu einem bestimmten Design. Olga Tsotsokou hat der Usability-Test richtig Spaß gemacht. „Am Anfang bin ich mir etwas komisch vorgekommen, wie bei einer Prüfung“, erzählt sie. Lutz Groh muntert sie auf: „Sie müssen sich nur sagen: Wir testen nicht Sie, sondern Sie testen für uns.“ ■ *Norbert Aschenbrenner*






**Handy aus Kunststoff: Mehrere Modelle des Mobiltelefons M55 dienten dazu, die Anordnung und den Hub der Tasten ergonomisch zu optimieren.**





# Der Nutzen gut bedienbarer Produkte

Das Marktpotenzial von Benutzerfreundlichkeit ist schwer zu messen. Einig sind sich alle Experten, dass schlechte Usability meist dem Umsatz schadet. Mangelnde Bedienerfreundlichkeit von Consumer-Artikeln schlägt sich in vielen Fällen direkt in der Bilanz der Anbieter nieder. Häufig verzeichnen sie stagnierende Absätze oder höhere Kosten durch einen stark frequentierten Kundendienst und eine häufig gewählte Hotline. „Daher eröffnet sich Unternehmen, die in Benutzerfreundlichkeit investieren, ein erhebliches Umsatz- oder Sparpotenzial“, sagt Frank Heidmann vom Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation in Stuttgart.

So gelang es etwa 1999 dem Computerhersteller IBM, durch ein einheitliches Design für 200.000 Internet-Seiten seine Online-Umsätze um 400 Prozent zu steigern. Der PC-Produzent Dell erhöhte durch den Relaunch seiner Website 1999 seinen Umsatz von durchschnittlich einer auf 34 Millionen Dollar pro Tag. Die Usability-Rendite ist im Online-Bereich beachtlich: Das amerikanische Marktforschungsunternehmen für Usability, die Nielsen Norman Group, schätzt, dass Firmen die Benutzerfreundlichkeit ihres Produktes verdoppeln können, wenn sie zehn Prozent des Projektbudgets dafür ausgeben. Zudem zahlt sich IBM-Angaben zufolge jeder Dollar, den ein Unternehmen in die Usability seiner Websites steckt, zehn- bis hundertfach aus.

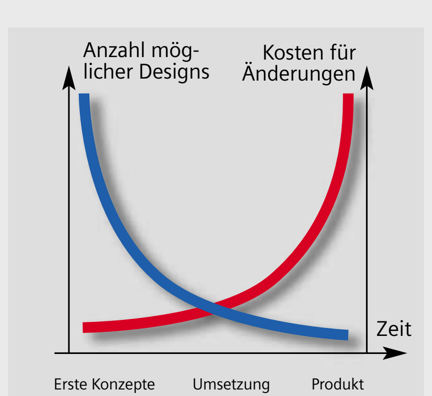
Für Nicht-Online-Branchen tun sich die Experten allerdings noch schwer damit, den derzeitigen und künftigen Umsatz- und Gewinneinfluss von Produkten mit hoher Benutzerfreundlichkeit zu messen. So dürften einer Studie des Marktforschungsunternehmens Frost & Sullivan zufolge Anbieter von intelligenter Hausautomations-Ausrüstung und -Software in Europa 2009 mit 399 Millionen Dollar gut 130 Prozent mehr erwirtschaften als 2002. Welchen Anteil der Einsatz von Usability daran hat, bleibt aber unklar.

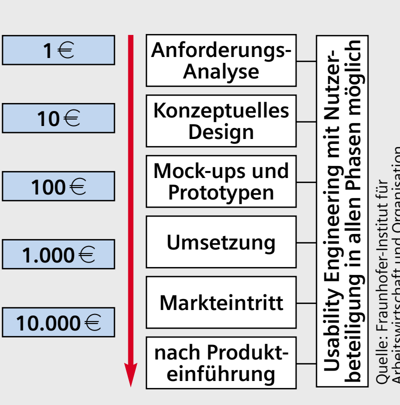
Auch bei der Entwicklung von Telekommunikationsprodukten, Automatisierungssystemen oder medizinischen Geräten wird seit Jahren auf Usability geachtet. Im Fokus stehen einfache Handhabung, übersichtliche Bedienoberflächen und leichte Erlernbarkeit für den effizienten und effektiven Einsatz der Technik. So bringt Siemens Hearing Solutions beispielsweise 2004 mit Connexx 5.0 eine verbesserte Software zur Anpassung von Hörgeräten auf den Markt, die neue Zielgruppen erschließen soll. Hintergrund: Anders als in Deutschland werden in vielen Ländern Hörgeräte nicht beim ausgebildeten Akustiker angepasst, sondern bei Händlern.

„Mit der neuen Software will Siemens nun unter anderem die Justierung der Geräte für die nicht spezialisierten Hörgeräte-Verkäufer vereinfachen“, erläutert Stefan Schoen, verantwortlich für das Siemens User Interface Design Center. „Wir gehen davon aus, dass wir mehr Umsatz und Gewinn machen. Freilich wird sich der Einfluss nicht exakt beziffern lassen, da auch andere Faktoren eine Rolle spielen“, ergänzt Eduard Kaiser, der Produktmanager bei Siemens Hearing Solutions.

**Fehlende Vergleichswerte.** Meist fehlen den Unternehmen die Daten über die Absatz- und Kostenentwicklung von Produkten mit hoher beziehungsweise niedriger Usability. „Ohne Erfahrungswerte stellen zahlreiche Firmen aber kein oder nicht genügend Budget zur Verfügung“, sagt Usability-Expertin Kerstin Röse, Juniorprofessorin für nutzergerechte Produktentwicklung an der Universität Kaiserslautern und zugleich Präsidentin des deutschen Berufsverbandes für Usability-Experten (www. gc-upa.de). „So betrachten anders als im PC- und Onlinesektor viele Industriegüterhersteller die Ausgaben für eine leichtere Bedienung noch immer als netten Nebeneffekt, aber eigentlich nicht als notwendig. Und das ist ein schwerer Fehler!“

Dagegen weiß die Softwarebranche schon seit Ende der 1990er Jahre, dass eine schlechte Usability-Umsetzung allein die US-Wirtschaft durch Produktivitätsausfälle jährlich rund 30 Milliarden Dollar kostet, so die Nielsen Norman Group. Dabei schadet dem Hersteller nicht nur ein völliges Ausklammern, sondern auch ein zu später Einsatz von Usability im Designprozess. „Je später benutzerfreundliche Änderungen bei einer Produktentwicklung berücksichtigt werden, desto teurer kommen sie das Unternehmen zu stehen“, meint auch Fraunhofer-Experte Heidmann. Daneben profitieren Firmen zusätzlich: Die renommierte amerikanische Usability-Beraterin Deborah Mayhew stellte bereits Mitte der 90er Jahre fest, dass sich durch Tests zur Benutzerfreundlichkeit die Entwicklungszeiten bei einem US-Unternehmen um bis zu 40 Prozent reduzieren ließen. ■ *Anette Freise*




**Kosten der Usability: Je weiter ein Projekt bereits fortgeschritten ist, desto größer ist der Investitionsaufwand für eine bessere Benutzerfreundlichkeit (die Euro-Zahlen rechts sind Relativwerte). Eine frühe Einbindung der Usability-Experten dagegen führt rascher zu objektiven Aussagen, welches Produkt die Kunden akzeptieren würden.**



**Prof. Dr. Michael Burmester (42), beschäftigte sich nach seinem Psychologiestudium besonders mit der Mensch-Maschine-Interaktion. Nach einer Tätigkeit bei Siemens wechselte er zur Beratungsfirma User Interface Design GmbH (UID), für die er auch heute noch als Manager für Research and Innovation arbeitet. Darüber hinaus vertritt er an der Hochschule der Medien in Stuttgart innerhalb des Studiengangs Informationsdesign das Fach Ergonomie und Usability.**

# „Die Produkte müssen sich dem Menschen anpassen – nicht umgekehrt"

*Usability-Experten predigen seit Jahren, wie Produkte benutzerfreundlicher gestaltet werden können. Warum stoßen sie bei Entwicklern oft noch auf taube Ohren?*
**Burmester:** Entwickler gestalten technische Geräte und deren Benutzeroberfläche. Sie entscheiden über Funktionen. Das ist die traditionelle Sicht, wie sie vielfach noch gilt. Für Usability Engineering aber werden Experten gebraucht, die sich speziell um die Belange des Benutzers kümmern. Doch wegen des immensen Kostendrucks ist das oft nicht im Budget eingeplant. Deshalb würde ich nicht den Entwicklern einen Vorwurf machen, sondern vor allem dem Management.

*Also hier und da den Entwicklungschef feuern?*
**Burmester (lacht):** Nicht unbedingt – nur läutern.

*Was schlagen Sie vor?*
**Burmester:** Das Bewusstsein muss wachsen, dass Technik nach den Bedürfnissen und Wünschen der Nutzer gestaltet werden sollte und nicht umgekehrt. Der führende amerikanische Usability-Forscher, Donald Norman, hat in einem Vortrag vor Ingenieuren einmal sehr provokativ gesagt, dass in Zukunft wohl nicht mehr sie die Technik definieren würden, sondern eher Sozialwissenschaftler. Die Richtung stimmt, denn es geht heute weniger darum, das technisch Machbare auszuloten, sondern zu analysieren, welche Technik die Nutzer benötigen und wie sie damit umgehen wollen. Es ist falsch, zuerst etwas zu entwickeln, und dann zu fragen, was man damit machen könnte. Wenn Produktmanager ihre Produkte so definieren, wie sie denken, dass sie die Benutzer gerne hätten, schleichen sich gerne Vorurteile ein. Wenn aber das Bild über den Nutzer falsch ist, entstehen Produkte, die nicht zur Zielgruppe passen. Die Produkte müssen sich an den Menschen anpassen und nicht umgekehrt.

*Hat sich die Benutzerfreundlichkeit in den letzten Jahren überhaupt verbessert?*
**Burmester:** Aus der Sicht eines Informationsdesigners beobachte ich, dass die Software wesentlich besser geworden ist. Ein großer Schritt wurde bereits vor rund 20 Jahren mit der Umstellung von alphanumerischen Darstellungen auf grafische Oberflächen vollzogen. Diese Verbesserung war objektiv messbar. Die Nutzer machten weniger Fehler und konnten effizienter arbeiten. Ein großer Trend heute ist, dass Computerintelligenz in immer mehr Produkte hineinwandert. Computer werden allgegenwärtig, die Vernetzung nimmt zu, ob im Auto, zu Hause, am Arbeitsplatz oder in der Freizeit. Mit der komplexeren Technik steigt aber auch die Notwendigkeit für Usability. Außerdem fragen sich Usability-Forscher, ob Technik nicht noch mehr bieten könnte, zum Beispiel Freude oder Spaß.

*War das nicht schon immer ein Ziel?*
**Burmester:** Nicht unbedingt. Noch vor zehn Jahren stand im Vordergrund, dass der Nutzer gut mit den Geräten umgehen und beispielsweise einen Videorekorder besser bedienen können sollte. Das haben wir heute forschungsmäßig hinter uns gelassen – in der praktischen Umsetzung leider noch nicht ganz. Heute fragen sich Usability-Forscher, wie systematisch Joy of Use erzeugt werden kann, damit Produkte entstehen, die Kunden begeistern, sie in ihren Bann ziehen. Produkte, mit denen sie gerne arbeiten. Immer stärker spielt der emotionale Aspekt eine Rolle.

*Das wird aber in der Fachwelt kontrovers diskutiert!*
**Burmester:** Richtig. Die Gegner dieser Strömung fordern rationales Denken und keine Emotionen, wenn Nutzer etwa mit Software arbeiten. Wenn damit Atomkraftwerke oder Flugzeuge gesteuert werden, kann ich das nachvollziehen. Aber die Ablehnung wird oft auf alle Produkte übertragen, was ich nicht für angemessen halte.

*Denken Sie da etwa an einen Computer, der den Nutzer beim Einschalten freundlich begrüßt?*
**Burmester:** Ich bin da betont vorsichtig. Wir haben im Rahmen der Joy-of-Use-Forschung festgestellt, dass man es auch total falsch machen kann. Irgendwelche Comicfiguren auf Bildschirmen werden bei kritischen Aufgaben als völlig unangemessen angesehen. Der Nutzer fühlt sich nicht ernst genommen.






**Ungewöhnliches Design, das Sinnlichkeit, ja fast Schmuckstück-Charakter ausstrahlt, ist die Besonderheit der Handys der Marke Xelibri.**

*Wie konzipiert man dann Produkte, die Spaß machen?*
**Burmester:** Das weiß man bis heute nicht. Weltweit wird in der Funology, also der Wissenschaft, wie man Spaß erzeugt, nach methodischen Ansätzen gesucht, die sich dann auf Produkte anwenden lassen.

*Können Sie ein Beispiel nennen?*
**Burmester:** Es gibt etwa ein Vogelhäuschen, das auf Grund von Lernprinzipien aus der Verhaltensforschung den Vögeln im Garten die Lieblingsmelodie des Besitzers beibringt. Das sind Produkte, die keinen weiteren Zweck erfüllen, außer Spaß zu machen, weil der Nutzer seine Umwelt damit beeinflussen kann. Ein anderes Beispiel ist eine Studie der Firma Philips in Kooperation mit der TU Delft. Hier wurde ein Pager für die Zielgruppe junger Frauen entwickelt, der das besondere Merkmal „Sinnlichkeit" aufwies. Auch die Xelibri-Handys von Siemens gehen in diese Richtung.

*Für die Mensch-Technik-Interaktion setzen viele auch auf Avatare, die ein menschliches Gegenüber simulieren.*
**Burmester:** Man muss sich das gut überlegen, in welchen Anwendungsfeldern so etwas sinnvoll ist. Eines ist aber sicherlich richtig: Der Trend geht eindeutig dahin, die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine immer natürlicher zu gestalten – mit Sprache, aber auch mit Gestik oder dass Computer die Mimik erkennen, um etwa ironische Äußerungen richtig zu deuten.

*Was wären andere Ansätze?*
**Burmester:** Geräte oder Software könnten so gestaltet sein, dass man auf alles zurückgreift, was Menschen sowieso schon können, also auf Interaktionswissen, das der Nutzer mit anderen Geräten gesammelt hat. Oder ich biete Metaphern an, die Informationen strukturieren. Beispielsweise die Metapher Buch. Es besteht aus Kapiteln und einem Inhaltsverzeichnis. Wenn ich eine Information mit der Metapher eines Buches rüberbringen will, kann ich auf sehr viel Wissen zurückgreifen, über das der Nutzer schon verfügt.

*Auf welche Probleme stoßen Entwickler bei der weltweiten Vermarktung von Produkten?*
**Burmester:** Wenn ich benutzerzentriert bei der Gestaltung vorgehe und den Nutzungskontext beachte, fließt natürlich auch die jeweilige Kultur mit ein. Ein Handy für Deutschland sollte eher leise klingeln, weil man nicht auffallen will. In China dagegen kann es laut sein, weil man damit den Besitz eines Handys dokumentieren will. Der Entwickler sollte daher die Zielmärkte kennen und kreativ auf die kulturellen Unterschiede reagieren. Er könnte etwa ein Produkt modular aufbauen, so dass für bestimmte Märkte Module nachladbar sind.

*Wie sieht die Usability von Produkten für bestimmte Zielgruppen aus? Beispielsweise für ältere Menschen?*
**Burmester:** Durch die kürzlich veröffentlichte EU-Studie Senior Watch kam heraus, dass informationstechnische Produkte nicht an die Bedürfnisse von älteren Menschen angepasst sind. *(siehe Artikel S. 70. Die Red.)*

*Hat Sie das überrascht?*
**Burmester:** Nein. Die Anforderungen dieser Zielgruppe an Informationsinhalte, Funktionen und Bedienung werden bei der Gestaltung vieler Geräte oder Applikationen vernachlässigt. Die Bedienung sollte auf Veränderungen der kognitiven Leistungsfähigkeit eingehen. Man weiß beispielsweise, dass ältere Menschen vorsichtiger und deshalb selbstkontrollierter durchs Leben gehen als Jüngere.

*Was folgt daraus für die Usability?*
**Burmester:** Älteren Menschen muss ein Gefühl der Sicherheit bei der Bedienung vermittelt werden. Beispielsweise funktionieren manche Interaktionen besser, wenn sie den älteren Nutzer Schritt für Schritt führen. Was bei manchen Anwendungen übrigens auch eine sehr gute Strategie für jüngere Zielgruppen ist. Daraus folgt, wer in die Gestaltung von Produkten auch die Bedürfnisse älterer Menschen mit einbezieht, schafft damit Produkte, die sich für alle Altersstufen eignen. Was grandios gescheitert ist, sind Produkte, die speziell für Senioren gebaut wurden. Denn wer fühlt sich schon selbst alt? Daraus leitet sich das so genannte „Design for all" ab. Nur in der Praxis sind wir leider immer noch nicht dort angekommen, obwohl man weiß, wie es besser geht.



*Machen Sie sich selbst nicht irgendwann überflüssig, wenn in der Praxis alle Ihre Forderungen umgesetzt worden sind?*
**Burmester:** Das haben wir uns manchmal auch schon gefragt. Die Antwort ist aber sicherlich Nein. Die Technik ändert sich dauernd. Auch geht die Usability zunehmend in Richtung einer Gestaltung der Mensch-Technik-Interaktion, bei der eindeutig der Mensch mit seinen individuellen Eigenschaften, Wünschen und Verhaltensweisen Motor der Gestaltung sein wird. Der amerikanische User-Interface-Forscher Ben Shneiderman von der Universität von Maryland hat es auf den Punkt gebracht, als er sagte: „The old computing was about what computers could do; the new computing is about what users can do". Da werden wir noch viel zu tun haben.

*Das Interview führte Rolf Sterbak.*

# Waschmaschinen mit Verstand

**Bei designafairs entwerfen Psychologen, Anthropologen, Designer und Ingenieure Bedienkonzepte, die für den späteren Verkaufserfolg eines Produkts ausschlaggebend sein können.**



Die kleine Expertenrunde diskutiert am PC die Bedienung einer Waschmaschine. „Wenn wir den Drehsteller durch eine Reihe Funktionstasten ersetzen, verändert sich das Menü", überlegt die Psychologin Julia Körner und deutet auf ein Flussdiagramm auf dem Monitor. „Und wie wäre es, wenn wir stattdessen zwei Drehsteller verwenden, je einen für Temperatur und Waschprogramme?" fragt die Anthropologin Gitta Rüscher. „Das würde das Erscheinungsbild der Bedienblende erheblich verändern", meint der Designer Claude Toussaint, der die Arbeitsgruppe für Interface-Design bei designafairs in München leitet.

Das Unternehmen ging 1997 aus der Siemens-Designabteilung hervor. Viele Produkte, darunter die meisten Siemens-Handys und geplanten UMTS-Geräte tragen die Handschrift von designafairs. Die international ausgerichtete Firma zählt inzwischen auch Fahrzeug- sowie Lampen- und Büromöbelhersteller zu ihren Kunden. Zur Zeit entwickelt Toussaints Team ein einheitliches Bedienkonzept für eine Produktlinie von Waschmaschinen. „Wir erarbeiten Vorschläge für Bedienvarianten, und der Kunde entscheidet dann, was er umsetzen möchte", erklärt Toussaint. Sein Team setzt stark auf die Zusammenarbeit der verschiedenen Disziplinen: So werden die Arbeitsschritte nicht nacheinander abgearbeitet, sondern in einem Prozess ständiger Rückkopplungen. Die Designer bringen ihre Kompetenz schon in der Analysephase ein, und die Ergonomen betreuen den Prozess bis zum Ende.





**Wissen um Denk- und Verhaltensweisen.** Bei der Diskussion über das Bedienkonzept der Waschmaschinen weist die Anthropologin Gitta Rüscher auf die Waschgewohnheiten verschiedener Länder hin: „In Skandinavien wird mehr Wert auf hohe Schleuderzahlen gelegt, in der kühlen Luft dauert das Trocknen sonst zu lange. Für Südeuropäer sind dagegen Programme für die Kaltwäsche wichtig", erklärt sie. Rüscher entwirft anhand bestehender Normen ein Konzept, welche Knöpfe wie gestaltet und platziert werden müssen, um eine effektive Bedienung zu ermöglichen, und wie das Menü aufgebaut sein muss.



Jedes Mal, wenn neue Eingabegeräte vorgeschlagen werden, bekommt auch Julia Körner Arbeit. Sie ist dafür zuständig, dass die Bedienmenüs logisch strukturiert sind. „Wir haben dem Hersteller gezeigt, wie die Hardware mit der Software korreliert", sagt sie. Wird etwa ein Drehsteller durch Funktionsknöpfe ersetzt, ändern sich alle Menübäume. Die Psychologin weiß aus ihrem Studium, wie Menschen Informationen verarbeiten und Aufgaben lösen. Aber nicht jeder Techniker ist sofort davon überzeugt, dass er die Konzeption eines Bedienmenüs einem Psychologen überlassen soll. „Da prallen zwei Welten aufeinander", sagt Gitta Rüscher. „Viele Techniker sagen: Das kann ich doch selbst machen." Tatsächlich aber seien sie geprägt durch ihre Art, Probleme zu lösen. Heraus kämen dann Maschinen von Ingenieuren für Ingenieure.

Julia Körner hat noch eine andere Erklärung, warum viele Geräte unergonomisch sind. In den Entwicklungslabors würden Hard- und Software-Spezialisten oft getrennt arbeiten, ohne zu berücksichtigen, dass sich beide wechselseitig beeinflusst. „Wir sind nicht so vermessen und behaupten, dass wir wissen, wie alle denken", erläutert Gitta Rüscher. „Aber wir haben durch unsere Ausbildung einen Einblick gewonnen, welche verschiedenen Herangehensweisen es gibt".





**Bild oben: Julia Körner, Claude Toussaint und Gitta Rüscher diskutieren verschiedene Bedienblenden für Waschmaschinen. Darunter: Ob einfache Drehräder oder komplexere Drehdrucksteller, wichtig ist die nachvollziehbare Logik der Bedienung. Blaue Leuchtdioden oder Elektrolumineszenz-Folien signalisieren die eingestellten oder empfohlenen Funktionen.**

Claude Toussaint, Ingenieur und Designer, diskutiert anschließend mit seinem Team die Vorschläge und kann schon in einem frühen Stadium absehen, ob sie technisch machbar sind. Toussaint und andere Interface-Designer gestalten dann letztlich das Erscheinungsbild der Bedienoberflächen.

**Grenzen der Produktentwicklung.** Doch nicht alles, was ergonomisch sinnvoll oder technisch machbar ist, fließt in die Produktentwicklung ein. Grenzen setzen beispielsweise die Vorgaben des Auftraggebers, aber auch Gewohnheiten und individuelle Vorlieben der Endverbraucher. So ließe sich das heutige Problem der Zuordnung der Wäsche zu Dutzenden von möglichen Temperatur-, Wasch- und Sonderprogrammen technisch leicht vereinfachen: „Mit einem Scanner am Bullauge könnten auch ungeübte Personen die Wäsche anhand von Symbolen auf den Etiketten leicht nach den Kriterien sortieren, die optimale Waschergebnisse versprechen", erklärt Julia Körner. Doch zum einen vertrauen viele Verbraucher einer solchen Technik nicht auf Anhieb und zum anderen würde ein „Ein-Knopf-Vollautomat" zunächst wohl nur eine relativ kleine technophile Zielgruppe – vielleicht die Single-Männer – ansprechen.

Eindeutig im Trend liegen Waschmaschinen mit geringem Wasser- und Stromverbrauch. Doch „der Benutzer erfährt heute zu wenig über die Zusammenhänge zwischen einem Waschprogramm und dem Ressourcenverbrauch. Wir müssen hier für mehr Transparenz sorgen", erklärt Toussaint.

**Farbige Displays und elektronische Tinte.** Nachdem Julia Körner mehrere Varianten für die Bedienmenüs entworfen hat, wird klar, wie komplex die Menüs ausfallen. „Wir brauchen eine größere Anzeige, um die wichtigen Informationen übersichtlich abzubilden", sagt Gitta Rüscher. „Organische LEDs wären ideal", schwärmt Toussaint, denn mit einem farbigen Display wären Informationen so ansprechend darstellbar wie am PC (siehe Artikel S. 45). Bis diese Technik aber verfügbar und bezahlbar ist, dürfte noch einige Zeit vergehen.

Eine Alternative sieht Toussaint in elektronischer Tinte, „denn sie soll ab 2004 serienreif sein". Diese Technik ermöglicht große und relativ billige Displays – und dürfte nach Toussaints Meinung auch die Kunden verblüffen, wenn „auf einer scheinbar normalen Produktoberfläche – da wo man sonst Knöpfe erwartet – aus dem Nichts Schrift auftaucht und auch nach dem Abschalten des Stroms noch lesbar ist." Toussaint nennt das den „Magic Effect".

**Waschmaschinen erkennen die Kleidung.** Toussaint möchte, dass Mensch und Maschine kommunizieren. „Es ist schon technisch machbar, dass eine SMS auf dem Handy das Ende des Waschvorgangs mitteilt", sagt er. „Ideal wäre aber auch eine Waschmaschine, die Kleidung automatisch erkennt und selbst das richtige Programm einstellt". Toussaint stellt sich mitdenkende Geräte vor, die sich mit intelligenter Kleidung unterhalten. In die Kleidung eingenähte Transponder (siehe Kasten S. 16) könnten der Waschmaschine melden: „Ich bin ein Seidenhemd und darf auf keinen Fall geschleudert werden". Und die Maschine könnte dem Benutzer sagen: „Ich kann deine Wäsche schnell waschen. Wenn du aber Zeit hast, dauert es zwar länger, aber ich verbrauche weniger Wasser und Strom."

*Michael Lang*



**Experte ohne Augenlicht: Klaus-Peter Wegge leitet die Arbeitsgruppe Accessibility am C-LAB in Paderborn. Er hat 1994 einen Internetbrowser für Blinde entwickelt.**

# Internet ohne Hürden

**Die Bedürfnisse von Senioren oder Behinderten fließen zunehmend in die Entwicklung von Handys, Waschmaschinen und Webseiten ein. Von der einfacheren Bedienung profitieren alle Nutzer.**

Klaus-Peter Wegge streicht über die Tastatur meines Handys. „Der taktile Nippel auf der '5' liegt an der richtigen Stelle – das muss ein Modell aus neuerer Produktion sein." Stimmt, dieses Siemens S55 ist erst ein paar Wochen alt. Und die Quittungstöne beim Einschalten funktionierten jetzt korrekt, stellt Wegge fest. „Im ersten Software-Release wussten Blinde nicht, ob ihr Handy an war und wann sie die PIN eingeben sollten."

Wegge weiß, wovon er spricht: Der Informatiker ist selbst blind und leitet eine kleine Arbeitsgruppe am C-LAB, dem gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungslabor von Siemens und der Universität in Paderborn. Wegges Team beschäftigt sich mit der Accessibility – der Techniknutzung älterer und behinderter Menschen. Oft sind es Kleinigkeiten, die Körperbehinderten bei Telefonen oder Waschmaschinen Probleme bereiten – wie der fehlende Quittungston bei den ersten S55-Handys. Das sei dem Entwickler wohl einfach durchgerutscht, vermutet Wegge.

Damit ihm so etwas nicht selbst passiert, hat der 43-Jährige ein Netz zu anderen Behinderten aufgebaut, die ihm die Tücken der Alltagstechnik ins Siemens Accessibility Competence Center nach Paderborn melden. Ein Bekannter machte ihn etwa darauf aufmerksam, dass – zum Beispiel in grenznahen Gebieten – nicht erkennbar sei, ob sich ein Handy gerade ins deutsche Netz oder in die teureren Netze im nahen Ausland einbucht. „Da arbeiten wir an einer Lösung für die nächste Modellgeneration", verspricht Wegge. Ob unterschiedliche Quittungstöne besser sind oder eine Sperre für die ausländischen Netze, lässt Wegge offen. „Wir leiten die Entwickler an, aber wir schreiben ihnen nichts vor." Oft hätten die Fachleute in den Geschäftsbereichen rasch selbst interessante Lösungen parat, wenn sie erst einmal auf das Problem aufmerksam gemacht würden.

**Sprachausgabe für SMS.** Stolz sind die Experten am C-LAB auf die Schnittstelle der Siemens-Handys, die sich streng an alle Standards hält und die abgespeckt auch im neuen Siemens-Schnurlostelefon Gigaset 5000 Micro eingebaut wird. Zum Beweis stöpselt Wegge eine Tastatur in Form eines Brillenetuis an das S55 des Autors und nach ein paar Tastendrucken liest das Gerät die gespeicherten SMS mit einer Frauenstimme vor. „Hoffentlich haben Sie da kein Schmuddelzeug drauf", schmunzelt der Informatiker.

1994 hatte Wegge auf der Computermesse CeBIT mit einem Internetbrowser für Aufsehen gesorgt, der Webseiten in reine Textdateien umwandelte und damit die Ausgabe über ein Brailledisplay für Blinde ermöglichte. Als Siemens Corporate Technology 1998 die Access-Initiative ins Leben rief, wurde Wegge sofort dafür engagiert und ist seitdem der Konzernexperte für behindertengerechte Technik. Der Aufwand lohnt: Mindestens 65 Prozent aller Blinden benutzen ein Siemens-Handy, schätzt Wegge. In Zukunft könnten es noch mehr werden. Das neue SX1 lässt sich mit Software der Schweizer Firma Svox ausrüsten, die Menüpunkte und SMS vorliest.

In fast allen Siemens-Geschäftsbereichen gibt es mittlerweile Ansprechpartner, die sich um Accessibility kümmern. Sie zu überzeugen, falle aber oft nicht leicht. So seien Techniker eher zu begeistern, schössen manchmal sogar übers Ziel hinaus, sagt Wegge, während Produktmanager mitunter unnachgiebig seien, wenn sich eine Maßnahme scheinbar nicht rechne. Wegges Standardantwort, die meist überzeugt: „Allein in Deutschland sind zehn Prozent der Menschen in irgendeiner Form behindert, das sind acht Millionen. Können Sie es sich leisten, die zu vernachlässigen?" Für Massenprodukte verweist Wegge auch auf den Nutzen für Nichtbehinderte: „Design for all" heißt die Devise.

Dass die Bemühungen fruchten, beweist das im Oktober 2003 neu auf den Markt gekommene Schnurlostelefon Gigaset E150, an dem Wegges Team maßgeblich mitgewirkt hat. Es hat unter anderem große Tasten, kräftigere Lautstärke für Hörer und Klingeltöne, Notrufknopf und eine große Schrift im Display. Wegge gesteht: „Die Entscheidung, ob das Gerät auf den Markt kommt, stand mehr als einmal auf wackligen Beinen." Auf keinen Fall solle das Telefon als „senioren- oder behindertengerecht" vermarktet werden, weil das stigmatisierend und schädlich für den Verkaufserfolg sei.

„Universelles Design nützt allen, auch Nichtbehinderten", sagt Prof. Christian Bühler vom Forschungsinstitut Technologie-Behindertenhilfe in Volmarstein. „Denn die Verschiedenheit der Menschen ist das Normale." Design für eine einfache Bedienung für Jung und Alt, behindert und nichtbehindert, habe deshalb eine hohe Marktattraktivität. Wie sich das Ziel erreichen lässt, demonstriert die Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH (BSH). Schon in die Entwicklungsprozesse fließen die Bedürfnisse von Behinderten anhand von Checklisten ein. „Die barrierefreie Gestaltung darf aber die Funktionalität nicht beeinträchtigen", fordert Susanne Stolz, Entwicklerin Anwendungstechnik für Herde bei BSH. Schließlich wollten auch behinderte Menschen nicht auf die neueste Technik verzichten. Mehrere Hausgeräte von BSH wurden bereits mit dem Breaking-Barriers-Award ausgezeichnet, unter anderem das Glaskeramik-Kochfeld EK 79054. Dort sind die Kochfelder nebeneinander angeordnet, Geschirre müssen nicht mehr über andere gehievt werden. Auch Nichtbehinderte schätzen laut Stolz Backöfen, die sich mittels Pyrolyse selbst reinigen, oder Kochfelder, die sich automatisch abschalten, wenn der Topf weggestellt wird.

Eine Musterküche hat BSH in der Ausstellung der Deutschen Gesellschaft für Gerontotechnik (GGT) in Iserlohn installiert. Bundesweit testen 650 Senioren für die GGT technische Produkte im Auftrag der Hersteller auf Bedienerfreundlichkeit. Die Tests finden sowohl in der Ausstellung unter Beobachtung der GGT-Ingenieure als auch zu Hause unter Alltagsbedingungen statt. Am Ende geben die Senioren in einem Fragebogen Auskunft, wie das Gerät ankam. Meist bemängeln die Tester Kleinigkeiten, die bei der Entwicklung umgehend berücksichtigt werden, manchmal sind auch größere Änderungen nötig. So lobten die Senioren zwar die großen Tasten eines Telefons, störten sich aber am Kabel. Der Hersteller reagierte und bietet nun auch eine Schnurlosvariante an.

*__Universelles Design__ nützt allen. Der Begriff „seniorengerecht" ist __stigmatisierend__ und schädlich für den __Verkaufserfolg.__*

**Strenge Regeln.** Brisanz hat das Thema Accessibility gewonnen, seit in den USA ein Gesetz in Kraft ist, das harte Strafen für Firmen vorsieht, wenn sie ihre Produkte nicht nach dem Stand der Technik für Behinderte zugänglich machen. Käme zum Beispiel die Regulierungsbehörde FCC zu der Auffassung, ein Siemens-Handy sei nicht kompatibel mit Hörgeräten, hätte das automatisch zur Folge, dass das Unternehmen auch für Turbinen oder Medizintechnik nicht mehr an öffentlichen Ausschreibungen teilnehmen dürfte. „Sippenhaft" nennt Klaus-Peter Wegge das. Siemens sei so etwas noch nicht passiert. Dass in den USA aber mitunter überhastet gehandelt wird, hat Wegge selbst bei einer Kaffeepause in einem Schnell-Restaurant am

Flughafen in Chicago erfahren. Auf seinem Kaffeebecher entdeckte Wegge einen Hinweis in Blindenschrift. Doch der Becher war heiß, und Wegge verbrannte sich die Finger, bevor er die Schrift lesen konnte. Später, am leeren Becher, las er dann die Aufschrift: „Vorsicht heiß". Gut gemeint, aber schlecht gemacht, findet Wegge.

Weniger drastisch sind die Sanktionen in Deutschland, wo seit Mai 2002 das Behinderten-Gleichstellungsgesetz gilt. Danach dürfen Behinderte nicht von der Nutzung des Internets und anderer technischer Möglichkeiten ausgeschlossen werden. „Alle öffentlichen Ämter müssen bis 2005 ihre Seiten behindertengerecht gestalten; in den Ländern gibt es ähnliche Gesetze", sagt Stefan Berninger vom Verein „Web for all" in Heidelberg. Die Initiative berät Firmen und Behörden bei der Gestaltung von Webseiten. Für Berninger, der im Rollstuhl sitzt, gilt im Web das Gleiche wie bei zu hohen Bordsteinkanten: „Behindert ist man nicht, behindert wird man."

Unter solchen Hürden leiden nicht nur Menschen mit Behindertenausweis. Der Hinweis „Klicken Sie auf den roten Button" nützt einem Farbenblinden nichts – und das sollen immerhin rund acht Prozent aller Männer sein. 43 Prozent der Behinderten bemängeln die schlechte Lesbarkeit und Navigation im Internet, ergab eine Umfrage des Bundeswirtschaftsministeriums. Das ist umso ärgerlicher, als das Internet für viele behinderte oder ältere Menschen das ideale Kontaktmedium ist. Rund 80 Prozent der Behinderten nutzen es, von den 50- bis 69-Jährigen mit Behinderung sind sogar 89 Prozent mit dem Internet vertraut. Im Bevölkerungsdurchschnitt sind es nur 50 Prozent.

Dabei muss eine barrierefreie Webseite nicht aufwändiger sein – wenn gleich von vornherein daran gedacht wird. Die Fachleute von „Web for all" empfehlen die Nutzung von so genannten Style Sheets, die eine Trennung von Gestaltung und Inhalt erlauben, damit Inhalte mit Sprachsoftware gehört oder mit Brailledisplay ertastet werden können. Zudem sollten Bilder, Logos oder Schaltflächen mit Alternativ-Texten hinterlegt werden. Diese Texte erscheinen, wenn man mit der Maus über ein Objekt fährt, werden aber auch von der bei Blinden beliebten Spezialsoftware in Sprache oder Blindenschrift umgesetzt.

**Google ist vorbildlich.** Schmunzeln musste Anna Courtpozanis, die bei „Web for all" Internetseiten testet, auch über den gut gemeinten Hinweis, den sie auf der Seite eines kommunalen Energieversorgers fand: „Sollten Sie den eingeblendeten Schriftzug nicht sehen, klicken Sie hier." Obwohl Courtpozanis die Schrift nicht sah, klickte sie nicht – sie ist blind. Weniger als zehn Prozent aller Webseiten seien blindengerecht, immerhin 80 Prozent der Seiten könne man mit Geduld und Erfahrung nutzen. Vorbildlich: die Suchmaschine Google. Ärgerlich: Seiten, bei denen immer neue Fenster aufgehen. Darin würden nicht nur „geile Girls" angepriesen, sondern auch Werbebotschaften, etwa auf den Seiten der Telefonauskunft, sagt Courtpozanis. Eine überraschend behindertenfreundliche Seite fand Klaus-Peter Wegge unlängst bei einer großen Erotik-Kette. Wegge grinst: „Bei dieser Seite ist es trotzdem schade, blind zu sein."

*Bernd Müller*

## Ältere legen Wert auf Sicherheit

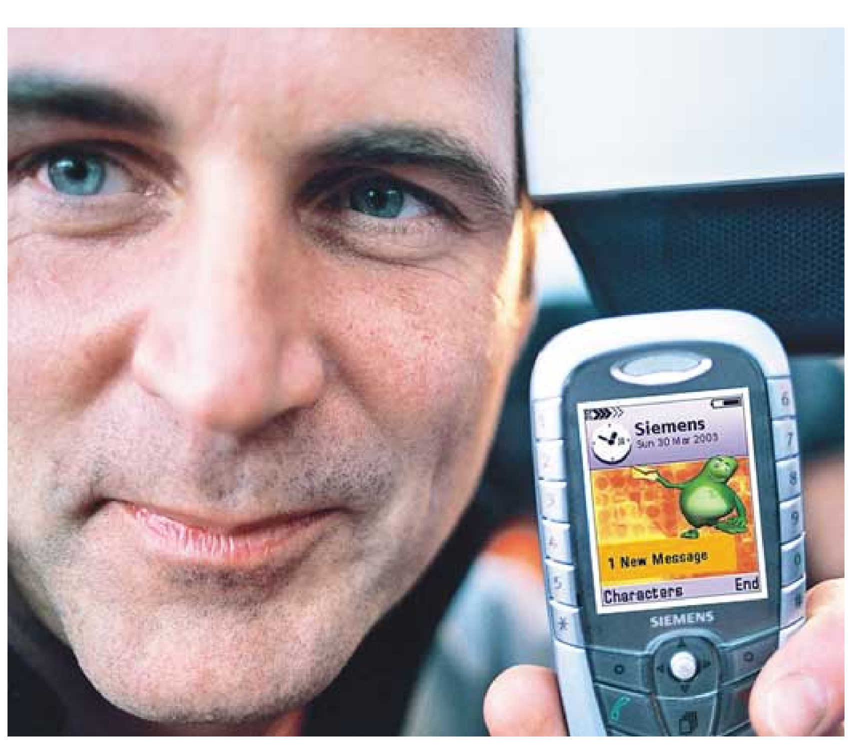


**Ältere Menschen** stellen besondere Anforderungen an ihre Umgebung. Im Projekt Sentha (Seniorengerechte Technik im häuslichen Alltag) erarbeiteten Arbeits- und Sozialwissenschaftler, Designer und Ingenieure mit Senioren als Beratern und Testpersonen technische Lösungen, die es Älteren ermöglichen, sicher, komfortabel und selbstständig zu leben (www.sentha.tu-berlin.de). Das Projekt endete im August 2003. Die Senioren – darunter auch pensionierte Siemens-Mitarbeiter – bewerteten beispielsweise an der TU Berlin Produkte hinsichtlich ihrer Bedienerfreundlichkeit und Sicherheit. Ein Ergebnis für das Teilprojekt smart home, in dem Forscher der BTU Cottbus ein Kommunikationsnetz für den Wohnbereich entwickelten, war, dass gut gestaltete Touchscreens Sprachsteuerungen überlegen sind. Dabei bevorzugen Senioren statt einem mit Wörtern arbeitenden Menü kleine Symbole, etwa eine Glühbirne für die Lichtsteuerung. Siemens Automation and Drives beteiligte sich an smart home mit der Installationstechnik, etwa dem Steuerungssystem instabus EIB. Ältere Menschen legen Wert auf Sicherheit, womit nicht nur Einbrüche gemeint sind. Auch Wasserschäden, Überhitzung oder Rauchentwicklung sollen gemeldet werden. Ein Panikschalter macht im ganzen Haus das Licht an und die Rolläden fahren hoch, das Telefon wählt eine Notrufnummer. Vernetzte Haushaltsgeräte bringen auch Bequemlichkeit: „Kochen meine Kartoffeln noch? Hab' ich die Kaffeemaschine ausgestellt?", das kann leicht festgestellt werden, wenn sich der Status der Geräte über ein zentrales Display ablesen lässt.





**Grünes Männchen im Handy: Der ICM-Entwickler Bernd Holz auf der Heide zeigt den virtuellen Helfer Womble auf dem Demonstrator des neuen Handys SX1.**




# Das Handy als Lebensraum

**Technische Geräte sollen künftig erkennen, was der Mensch will und sich ihm anpassen – unterstützt durch virtuelle Charaktere, die Informationen besorgen, Aufträge ausführen und in gewissem Maße ein Eigenleben führen.**

Sie heißen Cora, Liam, Cyberella oder Womble. Sie sehen aus wie George Clooney und Naomi Campbell oder sind klein, kugelig und grün. Sie beraten Kunden bei Banken oder Call-Centern, führen Besucher durch Ministerien oder Forschungsinstitute und lehren an Schulen oder Universitäten. Oder sie lesen, so die neueste Entwicklung von Siemens Information and Communication Mobile (ICM) in München, Kurzmitteilungen auf Handys vor. Noch ist ihr Sprachverständnis begrenzt und nur in eng definierten Gesprächssituationen wirklich leistungsfähig. Avatare, also Wesen, die nur im Computer existieren, sind so unterschiedlich wie ihre Aufgaben. Aber eins ist ihnen gemeinsam: Sie sollen den Zugang zu Systemen und Informationen erleichtern.

Ursprünglich waren die Wesen aus Pixeln und Polygonen als Chat-Identität ihrer Vertreter aus Fleisch und Blut fürs Internet gedacht, doch heute tummeln sie sich bevorzugt in Computerspielen und Lernsoftware. Die emotionale persönliche Ansprache, das Eigenleben der Figuren und nicht zuletzt der Spaßfaktor lassen selbst trockene Themen prickelnd erscheinen. Und vor allem: Virtuelle Assistenten können die Bedienung der unterschiedlichsten Geräte und Systeme deutlich vereinfachen. Während Avatare das ‚Gesicht' zum Kunden sind, erledigen die eigentliche Arbeit Software-Agenten (siehe *Pictures of the Future*, Herbst 2001, S. 50). Sie sausen wie Spürhunde durchs Internet und suchen in Datenbanken, Flugplänen oder Bedienungsanleitungen nach Informationen. Ihre Beute übergeben sie Avataren, die sie dann dem Auftraggeber präsentieren.

„Living Characters ist unser Ausdruck für die Assistenten und Avatare in der virtuellen Welt", sagt Bernd Holz auf der Heide, ICM-Experte für User-Interface-Innovationen. Der Projektleiter für Living Characters entwickelte zusammen mit seinem Team die ersten Avatare, deren Lebensraum das Handy ist. Ab dem Jahr 2004 hopst, platscht, schmollt und freut sich ein knuffiger Großfuß namens Womble auf dem Siemens-Handy SX1. Der grüne Sympathieträger versüßt das mobile Telefonieren: Streifen in den Regenbogenfarben laufen über seinen Körper, wenn der Akku lädt. Wird er nicht gebraucht, jongliert er mit Bällen, beobachtet Schmetterlinge oder bläst einfach nur Seifenblasen. Später soll Womble dann die Post nicht nur bringen, sondern auch vorlesen – mitsamt Gestik und Mimik. Insbesondere auf einem ab Frühjahr 2004 erhältlichen multimedialen Spaß-Handy für junge Leute soll Womble eine große Rolle spielen. Möglich wird das mit einer 3D-Engine, die das dreidimensionale Modell des Avatars in Echtzeit darstellt und mit Licht und Schatten zum Leben erweckt. 3D-Engines existieren schon für Spiele auf Handys und sie könnten unabhängig vom Handytyp für die Erzeugung von Avataren dienen.

**Avatar in der E-Mail.** Im Demonstrator funktioniert es schon: Womble agiert als Schnittstelle zu Software-Agenten, liest Mitteilungen aus E-Mails vor oder steigert bei eBay mit. Ebenso könnten aber auch Stars,

## Mit Sprache und Gestik steuern

**„Hi, Embassi,** könntest du bitte ‚Jenseits von Afrika' auflegen?" Der persönliche Avatar erscheint lächelnd auf dem Bildschirm: „Aber gerne", und der digitale Videorekorder beginnt zu surren. Zukunftsmusik? „Nein", sagt Thomas Heider, Informatiker am Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung in Rostock. „Im Modellwohnzimmer des Projektes Embassi funktioniert das schon." Embassi – die „Elektronische Multimediale Bedien- und Service-Assistenz" – ist ein Leitprojekt des deutschen Forschungsministeriums (BMBF). Vier Jahre lang arbeitete Heider mit anderen Fachleuten an neuen Benutzerführungen für Geräte der Heimelektronik, die sich mittels Gesten, Mimik, Texteingabe oder Sprache bedienen lassen. Der Planungsassistent von Embassi entwickelt sogar geräteübergreifende Strategien, gleicht also etwa die Lampen im Zimmer und die Bildschirmhelligkeit des Fernsehers ab. Beim Videorekorder führt das System auf Zuruf des Filmtitels selbständig alle Einzelaktionen aus: vom Finden der richtigen Medienquelle über die Helligkeitssteuerung bis zum Abspielen des Films. Allerdings sind noch manche Hürden zu überwinden: Wenn in einer Unterhaltung das Wort „ dunkel" fällt, darf nicht das Licht ausgehen. Daher versucht man, das System anzusprechen mit „Embassi, bitte" – ähnlich wie dies Captain Kirk im Raumschiff Enterprise macht (Software-Komponenten abrufbar unter: www.embassi.de/ open_ embassi/).




**Auf Gestikerkennung** baut Hans Röttger bei Siemens Corporate Technology (CT) in München. Im BMBF-Leitprojekt SmartKom (www. smartkom.org) hat CT für den Bereich Smart Kom-Public eine multimodale Kommunikationszelle konzipiert. Das gute alte Telefonhäuschen soll mit Bildschirmtelefon, Internetzugang und Dokumentenkamera und weiterentwickelt werden. Sprache, graphische Bedienoberfläche und Gestik sollen etwa die Reservierung von Kinokarten erleichtern. Im natürlich-sprachlichen Dialog mit einem Avatar soll der Nutzer Filminhalte, Darsteller und Wegbeschreibung erfragen oder Karten reservieren können. Die SIVIT-Technologie zur Gestenerkennung (*Si*emens *Vi*rtual *T*ouchscreen) ersetzt zudem in manchen Informationskiosken die Maus. Auch ein interaktives Einkaufsfenster wurde 2002 in Düsseldorf getestet (Bild). Der Kunde deutet auf Artikel im Schaufenster und kann sich so informieren, ohne das Gebäude zu betreten. Per Videokamera erkennt das System die Geste und setzt sie in einen Mausklick um.

**Auch im Auto** wird es personalisierte Bordcomputer geben, „allerdings wohl frühestens in zehn Jahren", prognostiziert Dr. Hans-Wilhelm Rühl, der bei Siemens VDO für die Integration von Sprachmodulen in die Fahrzeugumgebung zuständig ist. 2000 Wörter erkennt das Navigationssystem, das er für ein Oberklasse-Fahrzeug konzipiert hat. In drei Jahren werden es vermutlich mehr als 8000 Wörter sein. „In fünf Jahren sind wir vielleicht so weit, dass der Fahrer angeben kann: Ziel ‚Hamburg', Radiosender ‚FFN', ohne für jedes spezielle System einen Knopf drücken oder sich ein spezielles Kommando merken zu müssen", sagt Rühl. Aber in der rauen Umgebung des Autos muss das System wesentlich robuster sein als der heimische Computer oder das Telefon. Die Spracherkennung muss gezielt dem Fahrer zuhören und nicht etwa den Kindern auf dem Rücksitz. Rühl ist dennoch überzeugt, „dass sich in einigen Jahren alles, was an Infotainment, Navigationssystemen oder E-Mail im Autocockpit vorhanden ist, sprachlich bedienen lässt".

Nachrichtensprecher oder Börsengurus künftig auf Handys ihre „Breaking news" verlesen oder Michael Jordan sich „persönlich" von seinen Fans verabschieden. „Die technischen Möglichkeiten sind gegeben, aber bei den Anbietern von Fremddiensten fehlen Avatare noch", bedauert Holz auf der Heide. Wenn diese Hürde überwunden und ihre Beschreibung standardisiert ist, wird man Avatare von einem Server an viele Netzteilnehmer oder von Partner zu Partner senden können – die Grundvoraussetzung für ihre weitere Verbreitung. Derzeit entwickelt ein Konsortium, an dem Siemens und Nokia federführend beteiligt sind, den JSR-184-Standard. Er definiert alle Anforderungen, die es im Zusammenhang mit 3D-Animationen zur Zeit gibt. Firmenübergreifend wird damit auch die Welt der Avatare beschrieben.

**Bedienungsanleitung mit Köpfchen.** Wäre es nicht schön, bei der Fehlfunktion eines Gerätes einfach den persönlichen Assistenten anzurufen, der dann rät, was zu tun ist? Das Schlagwort für die Techniker heißt „natürlich-sprachliche Dialogsysteme". „Für das Hicom-Telefon optiset basic gibt es bereits eine anrufbare Bedienungsanleitung, die knapp 200 Hilfsinformationen bereit hält", sagt Dr. Hans-Ulrich Block, Linguist von der Abteilung Interaktions-Technologien bei Siemens Corporate Technology (CT) in München. Das von ihm mitentwickelte Sprachdialog-System ViCA soll Kunden oder Mitarbeitern den Zugang zu komplexen Hilfsdiensten ermöglichen.

Der Hilfesuchende wählt die Nummer des Virtuellen Call Center Agenten (ViCA) und kann dann sein Anliegen in natürlicher Sprache vorbringen. Das System fragt die fehlenden Parameter ab. Zeitraubendes Aufzählen von Optionen, „Wenn Sie Ja wollen, tippen Sie die Eins, wenn Sie Nein wollen, die Zwei, ... , wenn Sie etwas Anderes wollen, die Sieben", bleibt dem Anrufer erspart. So reagiert der Dialog-Partner etwa bei der Anfrage „Wie kann ich das Anrufsignal abstellen?" auf die Informationseinheit „Anrufsignal". Er erwidert beispielsweise: „Um das Anrufsignal für Ihr Telefon abzustellen, nehmen Sie den Hörer ab und geben Sie






**Avatare in Aktion: Womble, die grüne Kugelfigur, liest E-Mails vor und assistiert dem Nutzer. Wenn gerade nichts passiert, spielt er auch „aus Langeweile" auf dem Display. Ein anderer Avatar in Gestalt eines jungen Mannes hilft beim Kennenlernen der Handy-Funktionen.**

Stern 97 ein." Bei jedem Dialogschritt wird der Menübaum dynamisch neu berechnet, daher unterbleiben unnötige Abfragestrukturen. Ein Anwender, der sich mit dem System auskennt und die notwendigen Informationen in einem Satz nennt, kommt sehr schnell zum Ziel. Bei mehrdeutigen Eingaben, wie sie unerfahrene Nutzer oft machen, fragt die Dialogmaschine einfach nach. Dabei erkennt ein Dialoginterpreter auch, wenn er nicht mehr weiterhelfen kann und leitet in diesem Fall an einen menschlichen Agenten weiter. Interessant ist so etwas auch für Hausgeräte: Da Waschmaschine, Herd und Kühlschrank keine PC-Schnittstelle besitzen, lassen sich natürlich-sprachliche Bedienungsanleitungen nur schwer ins Gerät integrieren. „Es sei denn, der Betreiber bietet ein natürlich-sprachliches Helpdesk, wie wir es entwickelt haben, als Service für seine Kunden an", sagt Block.

**Charaktere mit Persönlichkeit.** „Virtuelle Assistenten wandeln immer auf einem schmalen Grat zwischen Akzeptanz und Ablehnung", weiß der gelernte Psychologe Bernd Holz auf der Heide. Sehen, hören, fühlen – all diese menschlichen Sinne sprechen virtuelle Charaktere an, um die Bedienung von Geräten zu vereinfachen. Damit sie statt der Sinne aber nicht unseren Unmut erregen, muss man sich auf sie verlassen und mit ihnen sprechen können. Ihre Handlungen, sagt Holz auf der Heide, müssen nachvollziehbar sein. Aber gerade in ihrer eigenwilligen Persönlichkeit und in ihrer Unvorhersehbarkeit liegt, wie beim Menschen, auch eine Faszination. Sie dürfen allerdings nicht zu eigenmächtig handeln und unsinniges Nachfragen nervt ebenfalls, so die einhellige Meinung von Experten und Anwendern. Da die virtuellen Assistenten im Auftrag ihres Meisters agieren, sind für rechtsverbindliche Transaktionen wie bei Versteigerungen auch Sicherheitsaspekte von entscheidender Bedeutung. „Durch die digitale Signatur wird die Authentizität und Integrität des Agenten gewährleistet – der Assistent kann eindeutig seinem Benutzer zugeordnet werden" erläutert Kai Fischer, Sicherheitsexperte bei CT in München. Wegen der zunehmenden Komplexität der Systeme, wird der Bedarf an benutzerfreundlichen Assistenz-Systemen weiter stark wachsen. Bordcomputer im Auto sowie HiFi- oder Videoanlagen (siehe Kasten S. 74) sind nur der Anfang. Künftig sollen Living Characters auch Emotionen erkennen und sich Vorlieben und Abneigungen ihres Benutzers merken. Bei Flugangst wird dann auf den Zug zurückgegriffen und bei der Restaurantauswahl fallen vielleicht alle Gaststätten mit deftiger Küche von vornherein unter den Tisch. Im Idealfall ändern die Living Characters ihr Verhalten auf der Basis von Erfahrungen.

> ***Sensoren verschaffen** einem Avatar Kontakt **zur Realwelt** und ermöglichen echte **Interaktionen mit Menschen**.*

Avatare dienen zudem der zwischenmenschlichen Kommunikation. Sie können als 3D-Bild unseres Konterfeis oder einer Fantasiefigur auf dem Handy unseres Gesprächspartners erscheinen und lächelnd etwa eine Einladung zum Konzert annehmen. Technisch wäre es bereits möglich, sein Foto als Bilddatei einem Softwaredienst im Internet zu senden. In Sekundenschnelle erhält man ein animiertes Modell zurück und hat sich so einen virtuellen Zwilling erschaffen (siehe *Pictures of the Future*, Frühjahr 2003, S. 30).

Durch Kamera, Mikrofon und Sensoren im Handy bekommt der Avatar Kontakt zur realen Welt. Echte Interaktionen zwischen Mensch und virtuellem Charakter werden möglich. „Der Womble von morgen setzt sich eine Sonnenbrille auf, schleckt ein Eis und fragt mich, ob ich auch eins möchte. Und dann präsentiert er mir den Weg zur nächsten Eisdiele", begeistert sich Bernd Holz auf der Heide. „Doch die eigentliche Intelligenz der Living Characters, die diese Handlungen erst ermöglicht, kommt aus der mobilen Netzinfrastruktur. So viel Rechenleistung hat heute noch kein Handy."

Und Intelligenz ist wichtig, denn das Einsatzgebiet der virtuellen Charaktere ist groß. Schließlich sollen sie uns künftig möglichst viele Routineaufgaben in der virtuellen Welt abnehmen, damit wir mehr Zeit haben, die Attraktionen der realen Welt zu genießen. ■ *Birgitt Salamon*



**Martin Edmondson (35), Gründer von „Reflections Interactive“, brachte sein erstes Computerspiel 1984 heraus; damals ging er noch zur Schule. Spätestens seit sein Spiel „Driver“ 1999 auf den Markt kam, gilt er als internationaler Experte fürs Genre Autorennen. Die beiden ersten Versionen von „Driver“ verkauften sich über acht Millionen Mal. 2004 soll eine dritte Version des Spiels erscheinen. Edmondson lebt zur Zeit in Newcastle, England.**

# „Wie schwarze Magie“

***Was waren die bedeutendsten Fortschritte bei Computerspielen, seit sie in den 80er Jahren weite Verbreitung fanden?***
**Edmondson:** Die Art, wie wir mit dem Computer kommunizieren, ist mehr oder weniger dieselbe geblieben. Die meisten Spieler benutzen nach wie vor Joystick oder Maus. Doch was sie auf dem Bildschirm sehen, ist etwas ganz anderes als in den 80er Jahren: Heute sind es 3D-Darstellungen aus der Ich-Perspektive. Das heißt, wir erleben heute ein Spiel viel eher mit, als dass wir nur eine Repräsentation sehen.

***Was macht ein Computerspiel intuitiv, also leicht zu bedienen?***
**Edmondson:** Realismus. Je realistischer ein Spiel ist, desto besser lassen sich die Wirkungen von Handlungen voraussehen. Dadurch lässt es sich wiederum leichter und schneller erlernen. So kann man ganz in die virtuelle Welt eintauchen und vom Spiel gefangen werden. Beispiel Autorennen: Wenn Sie heute gegen einen virtuellen Laternenpfahl fahren, wird dessen Verformung sehr wirklichkeitstreu wiedergegeben.

***Macht dies auch den Suchtfaktor von Spielen aus?***
**Edmondson:** Der hat viel mit Herausforderung und Belohnungen zu tun, aber die Usability, die leichte Bedienbarkeit, spielt auch eine große Rolle. Im Fall des Autorennens ist das offensichtlich: Wenn die Steuerung des Autos nicht perfekt funktioniert und das Fahrzeug vielleicht sogar unvorhersehbar reagiert, dann schaltet der Nutzer schnell ab. Meiner Erfahrung nach ist die Handhabung bei einem Spiel meist noch wichtiger als eine brillante Grafik.

***Wie finden Sie heraus, ob ein Spiel gut zu bedienen ist?***
**Edmondson:** Ehrlich gesagt ist das fast wie schwarze Magie. Zielgruppentests sind leider wenig verlässlich. Da ist immer einer dabei, der das Spiel mag und ein anderer, der es schrecklich findet. Mit anderen Worten: Wir vertrauen auf unser Gefühl, wenn wir unsere Spiele testen.

***Wie sieht es im wirklichen Leben aus? Gibt es da Geräte, deren Bedienung Sie verbessern würden?***
**Edmondson:** Handys. Besonders, wenn ich das Telefon rasch benutzen will und schnell mal eine Information brauche. Ich finde, dass die Benutzerführung vieler Handys kompliziert ist und dass die wichtigsten Funktionen nicht gleich ins Auge springen. Das sind eine Menge kleiner Ärgernisse, die ich mir als Spieledesigner nicht erlauben dürfte, denn meine Kunden wollen sich nicht ärgern, sondern Spaß haben. Oder nehmen Sie Video- oder DVD-Rekorder. Die haben so viele kleine Knöpfe und seltsame Funktionen. Ich würde lieber mit so einem Gerät sprechen und sagen: „Nimm dieses Programm um zwölf Uhr auf.“ Ich bin mir sicher, so wird die Bedienung elektronischer Geräte künftig laufen; vielleicht schon in ein paar Jahren. Computerspiele gibt es bereits, die sich über Sprache steuern lassen.

***Können also Industrie-Designer von Computerspiel-Designern lernen?***
**Edmondson:** Da bin ich mir sicher, vor allem, wenn es um die Bedienung der Geräte geht. Industrie-Designer wären gut beraten, jene Spiele genau zu analysieren, von denen allgemein bekannt ist, dass sie gut zu bedienen sind. Sie sollten herausfinden, was sich davon in die Geräte des täglichen Lebens umsetzen lässt. Ich sage das als Software-Designer, also als einer, der weiß, wie einfach es manchmal gehen könnte. Nehmen Sie als Beispiel Navigationssysteme: Sprachsteuerung wäre perfekt. Hätten diese Systeme zusätzlich Touchscreens oder Gestiksteuerung, dann wären sie schon sehr intuitiv zu bedienen. Man könnte einfach auf eine Region zeigen, auf eine Stadt, auf eine Straße und sich immer weiter einzoomen. Doch leider sind Industrie-Designer oft Techniker und folgen deren Denkmustern – statt dass sie an die Menschen denken, die die Geräte später bedienen sollen. Gutes Design folgt einer Philosophie, die den Kunden in den Mittelpunkt stellt. Ich finde es am besten, wenn meine Kunden ein Spiel starten können, ohne je die Gebrauchsanweisung gelesen zu haben.

***Gibt es denn bereits Kontakte zwischen Industrie- und Spiele-Designern?***
**Edmondson:** Ein paar Telefongesellschaften haben Verträge mit der Spieleindustrie. Nur leider laden die Firmen bloß Spielchen auf die Mobiltelefone – statt von den Spielen zu lernen, wie man die Bedienung eines Telefons attraktiver machen könnte.

***Wie wichtig ist ein gefühlsbetonter Zugang?***
**Edmondson:** Bei Spielen ist er elementar. Doch bei Alltagsgeräten kann er auch schädlich sein. Es gab da ein paar merkwürdige technische Zwitter, die langweilige Objekte durch Gefühlselemente spannend machen wollten. So gab es zum Beispiel einen Kühlschrank mit integriertem Fernseher. Nur, wozu soll das gut sein? Man darf seine Kunden nicht überfrachten mit Dingen, die sie gar nicht haben wollen. Wenn ich meinen Kühlschrank öffne, soll der mein Essen für mich bereithalten, und meine Waschmaschine soll mir saubere Kleidung liefern. Eine gefühlvolle Ansprache brauche ich da nicht. Oder hätten Sie es gerne, wenn Ihre Waschmaschine Witze über Ihre dreckigen Unterhosen reißt?
■ *Das Interview führte Andreas Kleinschmidt.*



**Screenshots des Computerspiele-Hits „Driver“ von Martin Edmondson: In virtuellen Szenarien müssen die Spieler ihren Wagen steuern – durch enge Gassen, über Land oder auch als Stuntfahrer im Sportstadion.**

# Auf den Punkt ...

■ Technik muss sich an den Bedürfnissen der Nutzer orientieren. Für die Bedienbarkeit ist entscheidend, wie die Schnittstelle (User Interface, UI) zum Menschen gestaltet ist. Oft steht und fällt der Erfolg eines Produktes mit einem guten User Interface.

■ Damit UI-Experten ihre Stärken ausspielen können, müssen sie von Anfang an in den Entwicklungsprozess eingebunden sein. Durch Befragen und Beobachten der Nutzer, Analysieren der Produkte und Usability-Tests erhalten sie Informationen, wie sie ein User Interface gestalten müssen. Auch die Zusammenarbeit unterschiedlicher Disziplinen, vom Psychologen bis zum Designer, vom Anthropologen bis zum Ingenieur, ist ein wichtiger Erfolgsfaktor. (S.59, 62, 68)

■ Bei Siemens Corporate Technology beschäftigen sich heute etwa 40 Mitarbeiter in München, Princeton und Peking mit Usability. Sie erstellen User Interfaces vom Konzept über die Prototypen bis zur technischen Umsetzung und arbeiten mit Usability-Experten aus den anderen Bereichen eng zusammen, etwa von Medical Solutions oder Automation and Drives. (S.62)

■ Die Zukunft stellt an die Usability neue Herausforderungen. So werden Nutzer Geräte künftig multimodal bedienen können: Die Geräte werden sich also per Sprache, mit Gesten, über eine Tastatur oder eine Fernbedienung steuern lassen. Das erfordert neue Bedienoberflächen. (S.59, 62, 66)

■ Für die Akzeptanz und die Attraktivität von Produkten spielt der Spaß beim Benutzen eine zunehmend größere Rolle. Auch gibt es den Trend zur Personalisierung: Anwender können ihr User Interface in gewissem Rahmen nach ihrem Geschmack verändern. (S.59, 73)

■ Virtuelle Charaktere können künftig Routineaufgaben übernehmen und den Benutzer intuitiv führen. Schon 2004 sollen Avatare in neuen Siemens-Handys enthalten sein. (S.73)

■ Behinderte und ältere Menschen haben besondere Bedürfnisse, die Entwickler verstärkt bei der Gestaltung von Produkten berücksichtigen. Einfach bedienbare technische Hilfsgeräte ermöglichen ein Altwerden in den eigenen vier Wänden. (S.70)

**LEUTE**

**CT User Interface Design Center:**
Stefan Schoen, CT IC 7
stefan.schoen@siemens.com
**Software *syngo* und Soarian:**
Claus Knapheide, SMED, Malvern, USA
claus.knapheide@siemens.com
**ICM User Interface Design Center:**
Lutz Groh, ICM
Lutz.groh@siemens.com
**Living Characters:**
Bernd Holz auf der Heide, ICM
Bernd.hadh@siemens.com
**Sprachdialogsysteme:**
Dr. Hans-Ulrich Block, CT IC 5
hans-ulrich.block@siemens.com
**Gestikerkennung:**
Hans Röttger, CT IC 5
hans.roettger@siemens.com
**Biometrie:**
Dr. Bernhard Kämmerer, CT IC 5
bernhard.kaemmerer@siemens.com
**Interface Design:**
Axel Platz, CT IC 7
axel.platz@siemens.com
Claude Toussaint, designafairs
claude.toussaint@designafairs.com
**Accessibility:**
Klaus-Peter Wegge, C-LAB
wegge@c-lab.de

**Prof. Dr. Michael Burmester**
Hochschule der Medien, Stuttgart
burmester@hdm-stuttgart.de

**Projekt Embassi:**
Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD, Rostock
Thomas Heider
theider@rostock.igd.fhg.de

**LINKS**

**Berufsverband der Usability-Experten in Deutschland:** www.gc-upa.de
**Society for Technical Communication:** www.stcsig.org/usability
**Homepage mehrerer US-Behörden:** www.usability.gov
**Homepage von Jakob Nielsen (s.u.):** www.useit.com
**Accessibility am C-LAB:** www.c-lab.de/home/de/offers/services/AccessibilityCompetenceCenter.html
**Verein Web for all:** www.webforall.info

**LITERATUR**

**Sven Heinsen, Petra Vogt,** Usability praktisch umsetzen, Hanser Fachbuchverlag (2003)
**Jakob Nielsen,** Usability Engineering, Morgan Kaufmann Publishers (1994)

**Erdbebensicher an der Decke aufgehängt: Thyristor-Ventiltürme einer HGÜ-Strecke in China. Rechts: Gleichstromübertragung im Jahr 1882.**



# Vom Exoten zum Bestseller

Dank modernster Halbleitertechnik verleiht Siemens einem lange bekannten Verfahren neuen Schwung – und bringt erneuerbare Energie über größte Entfernungen verlustarm zum Verbraucher.

Mal eben ein Kilowatt aus dem Regal nehmen, das kann niemand. Elektrische Energie muss gleich nach der Erzeugung genutzt werden. Auch kurzfristiges Speichern ist teuer und umständlich – und bei der Übertragung über große Distanzen sind intelligente Lösungen gefragt, sonst kommt nicht genug nutzbare Energie aus der langen Leitung.

Für die Kopplung regionaler Netze genügt die Hochspannungs-Wechselstromübertragung, deren Strommasten vielerorts das Landschaftsbild prägen. Die Spannung wechselt hier wie beim Strom aus der Steckdose 50 oder 60 Mal in der Sekunde das Vorzeichen, nur ist sie wesentlich höher. Der Grund: Die Verluste durch Erwärmung des Leiters werden größer, je mehr Strom fließt. Da aber der Verbraucher nur an der Leistung – dem Produkt aus Spannung und Strom – interessiert ist, lassen sich die Verluste drastisch reduzieren, wenn man die Spannung auf ein Vielfaches hochtransformiert: Der Strom sinkt dann entsprechend. Doch die Sache hat einen Haken: Bei langen Strecken beginnen die Phasen der elektrischen Schwingungen von Strom und Spannung auseinanderzulaufen, was weitere Verluste bei der nutzbaren elektrischen Leistung verursacht.

Solche Übertragungsverluste begrenzen die verfügbaren Energiequellen. So sind in Asien große Industriestandorte weit von Wasserkraft-Reservoiren entfernt, und in Europa möchten manche die Sonne der Sahara zur Stromgewinnung heranziehen. Doch „Wechselstromverbindungen über mehr als 1000 Kilometer sind unwirtschaftlich", rechnete Michail von Dolivo-Dobrowolsky, einer der Pioniere der Elektrotechnik, schon 1919 vor. Noch drastischer gilt dies für Stromverbindungen unter dem Meer, etwa für Kabel zwischen Inseln und Festland. „Wenn man Seekabel mit Wechselspannung betreibt, kommt ab etwa 60 Kilometer fast keine Leistung mehr aus dem Kabel", erläutert Dr. Asok Mukherjee von Siemens Power Transmission and Distribution (PTD), Erlangen.

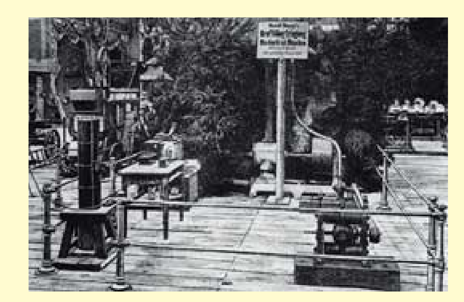
Daher setzen immer mehr Länder auf die moderne Variante einer seit langem bekannten Technik: die Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung, kurz HGÜ. Wie bei einer Batterie fließt bei der HGÜ ein Gleichstrom durchs Kabel. Bereits die erste Stromübertragung im Jahre 1882 funktionierte mit Gleichstrom: Sie führte vom Ort Miesbach zu einer Elektroausstellung nach München. Damals sammelten die Ingenieure erste Erfahrungen mit der Elektrotechnik. 16 Jahre zuvor hatte Werner von Siemens den ersten Dynamo gebaut und damit die Starkstromtechnik begründet.

Aber eine HGÜ hat ihren Preis. Hier genügen nicht nur zwei Transformatoren wie beim Wechselstrom. Stattdessen müssen die Ströme auf der einen Seite der Verbindung gleichgerichtet und auf der anderen wieder zu Wechselstrom gemacht werden. Dies leisten Stromrichterventile, die im Rhythmus des Drehstroms Ausschnitte gleicher Polarität auf die Gleichstromseite durchschalten und so aus Wechselstrom Gleichstrom machen. Umgekehrt „zerhacken" sie den Gleichstrom auf der anderen Seite im Takt der Netzfrequenz.

Bereits 1933 lieferte das Siemens-Dynamo-Werk die ersten kommerziell nutzbaren Quecksilberdampf-Gleichrichter. Danach folgten eine 4-Megawatt-Versuchsanlage in Berlin und eine kommerzielle 60-MW-Strecke zwischen Vockerode an der Elbe und Berlin. Die Testanlage wurde im Krieg zerstört. Teile der anderen Strecke demontierten die sowjetischen Truppen für eine Versuchsanlage bei Moskau. In Deutschland beschäftigte man sich erst 1963 wieder mit HGÜ und experimentierte mit neuen Stromrichterventilen auf Siliziumbasis. 1969 kam der erste große Auftrag. Die portugiesischen Kolonialherren wollten Strom vom Wasserkraftwerk Cahora Bassa in Mosambik über 1.420 Kilometer nach Johannesburg in Südafrika transportieren. Eine gewaltige Entfernung, die Ingenieuren auch heute noch Respekt abnötigt – bis heute gibt es nur wenige Stromtrassen vergleichbarer Länge.

**Mutige Entscheidung für Thyristoren.** Siemens wurde gebeten, sich mit anderen Partnern am Projekt zu beteiligen. Auf Basis ihrer Forschungen schlugen die Siemens-Techniker eine riskante Lösung vor. Sie wollten ein gerade erst entwickeltes Halbleiterelement verwenden: Thyristoren an Stelle der Quecksilberdampf-Ventile. Denn diese waren aufwändig herzustellen und liefen nicht immer störungsfrei. Bei Steuerungsproblemen konnten sie aufgrund der enormen Energiemengen sogar Transformatoren und Kabel zerstören – ein Grund für die zögerliche Haltung der Energieversorger gegenüber HGÜ. Die internationalen Gutachter verwarfen den Plan zunächst. „Sie wollten die Thyristor-Ventile gar nicht weiter diskutieren", erinnert sich Arnold Hofmann, damals Generalbevollmächtigter der Siemens-Schuckertwerke, im Abschlussbericht. Erst als der schwedische Konzern ASEA aus dem Projekt ausstieg, durften die Siemens-Techniker „ihre" Halbleiterventile bauen.

Es wuchsen 48 Doppelventile in den Himmel, bestückt mit 48.384 Thyristoren. Die enorme Anzahl erklärt sich aus der relativ geringen Belastbarkeit der damaligen Thyristoren. Der Mut wurde belohnt: Die Anlage funktionierte hervorragend, und nach Cahora Bassa wollte niemand mehr eine HGÜ mit Quecksilberdampf-Ventilen. Auch konnten die Ingenieure die Zahl der Thyristoren stetig verringern, denn die Halbleiter wurden immer leistungsfähiger. Davon profitierten zum Beispiel die von Siemens 1984 in Kanada und 1987 in den USA errichteten HGÜ-Anlagen. Beim 3000-Megawatt Gui-Guang-Projekt in China, das 2005 fertig gestellt sein soll, werden nur noch 3.744 Thyristoren gebraucht.



Für die an Wechselstrom gewöhnten Energieversorger war die HGÜ aber auch in den 80er Jahren noch ein Exot. Steigende Energiepreise und ein wachsendes Umweltbewusstsein erhöhten jedoch den Druck, möglichst alle Energieressourcen zu nutzen, insbesondere die Wasserkraft. Seit Ende der 90er Jahre gibt es daher einen kleinen HGÜ-Boom. Siemens konnte zwischen 1993 und 2002 sieben Großprojekte in Europa, Asien und den USA verwirklichen, darunter die 1.800-MW-Verbindung Tianshengqiao – Guangzhou in China und East-South Interconnector II in Indien mit 2.000 MW und 1.400 Kilometer Länge. 2001 wurde Nordirland über ein 64 Kilometer langes Seekabel an Schottland angeschlossen. Ein HGÜ-Seekabel zwischen Australien und Tasmanien ist zur Zeit im Bau.

„Die HGÜ hat mehr als ein halbes Jahrhundert gebraucht, um von einer exotischen Idee zum zuverlässigen Wirtschaftsprodukt zu reifen", sagt Asok Mukherjee. Bei Projektgrößen von 100 bis über 300 Millionen Euro ist die HGÜ inzwischen auch ein ertragreiches Geschäft geworden, mit einem Marktanteil von etwa 40 Prozent für Siemens.

Seit 1995 setzt Siemens wieder auf eine innovative Technik: per Licht gesteuerte Halbleiter. „Unsere neuen Thyristoren werden nicht mehr durch einen Stromimpuls geschaltet, sondern durch einen nur zehn Milliwatt starken Laserblitz", erläutert Hans-Peter Lips, technischer Direktor bei PTD. Aufwändige elektromagnetische Abschirmungen und Steuerelemente sind nicht mehr nötig. Die Steuerung befindet sich weit weg vom Hochspannungsteil der Anlage und ist mit dieser nur über ein Glasfaserkabel verbunden. „So konnten wir die elektronischen Bauteile im Ventil um 80 Prozent reduzieren", sagt Lips. Die schlanken Stromrichterventile waren vom Start weg ein Renner. Sie sind wartungsfreundlich und haben eine Lebenserwartung von über 30 Jahren. Deshalb werden sie in allen neuen HGÜ-Anlagen von Siemens eingesetzt. Auch die übertragbare Leistung soll steigen: Statt der heute maximal 2.000 bis 3.000 Megawatt halten es die Siemens-Techniker für möglich, in absehbarer Zeit 5.000 MW zu erreichen, wenn es der Markt verlangt. ■ *Bernd Schöne*

## Vorteile der Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung

**Die HGÜ** ist technisch aufwändiger als eine konventionelle Wechselstrom-Hochspannungsstrecke, doch sie hat etliche wichtige Vorteile:

- Sie ist der einzige Weg, Strom über große Entfernungen wirtschaftlich zu transportieren. Eine HGÜ lohnt sich bei Freileitungen ab etwa 600 km. Bei Tiefseekabeln ist die HGÜ schon ab 50 bis 60 km konkurrenzfähig und bei längeren Seekabeln alternativlos.
- Die Streckenkosten sind bei einer HGÜ-Verbindung niedriger als bei konventionellen Überlandleitungen, denn es müssen statt drei Leitern (beim Drehstrom) nur zwei Leiter gezogen werden. Die Strommasten können schmaler ausgeführt werden.
- Alle wechselstrombedingten Verluste, ob induktiver oder kapazitiver Art, fallen weg.
- Es gibt keine Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung. Bei Wechselstrom muss dieser Fehler energieaufwändig durch Stellglieder beseitigt werden.
- Bei Gleichstrom nutzen die Elektronen den gesamten Querschnitt des Leiters; bei Wechselstrom fließen sie nur in einer dünnen Schicht an der Oberfläche.
- Die HGÜ ist die einzige Möglichkeit, technisch inkompatible Stromnetze mit unterschiedlichen Regelverfahren oder Netzfrequenzen zu verbinden – ein wichtiges Entscheidungskriterium etwa in Indien, wo es vier regionale inkompatible Netze gibt.
- Die HGÜ mit ihrer schnellen Regelbarkeit der Leistung trägt zur Stabilisierung von bestehenden Drehstromnetzen bei, die sie verbindet.

*Einmal pro Jahr zeichnet Siemens herausragende Mitarbeiter aufgrund ihrer Patentanmeldungen als „Erfinder des Jahres“ aus. Die (meist) zwölf Preisträger werden aus Tausenden von Forschern und Entwicklern aus allen Bereichen von Siemens ausgewählt. Allein aufs Konto der zwölf Preisträger des vergangenen Jahres gehen rund 600 Erfindungen – stellvertretend seien hier zwei Erfinder genannt, die die Entwicklungen auf den Gebieten der Multimedia-Mobilfunktechnik und Sensorik entscheidend voranbringen.*

# Intelligente Antennen für China

In China – dem mit über 230 Millionen Handykunden größten Mobilfunkmarkt der Welt – baut Siemens in Schanghai nicht nur seinen weltweit zweiten Produktionsstandort für UMTS-Technik auf, sondern entwickelt gemeinsam mit chinesischen Partnern auch den 3G-Standard TD-SCDMA. Dieser Mobilfunkstandard erlaubt es, in ein und demselben Netz Datenservices ebenso ökonomisch bereitzustellen wie Sprach- und Videodienste. TD-SCDMA steigert die Systemkapazität (weniger Basisstationen bei gleicher Teilnehmerzahl) und stellt geringere Anforderungen an die Signalverarbeitung der Handys. Dr. Stefan Bahrenburg hat diesen Standard maßgeblich mitgestaltet und treibt dessen Weiterentwicklung voran. Eines seiner jüngsten Projekte ist die Anpassung der Technologie der Smart Antennas an TD-SCDMA-Erfordernisse. Smart Antennas bestehen aus mehreren Antennen, die ihre Signale selbsttätig zu einem optimalen Sende-/Empfangsstrahl kombinieren – sie sozusagen auf die aktiven Handys ausrichten. Der Vorteil: Eine größere Reichweite der Basisstationen sowie verbesserte Empfangsqualität auch in schnellen Verkehrsmitteln. ■



**Stefan Bahrenburg entwickelt bei Siemens in Schanghai wichtige Bausteine für den Multimedia-Mobilfunk.**

PATENTE

# 3D-Auge mit Laserblitz

Künstliche Augen mit detailliertem räumlichem Sehvermögen könnten in Zukunft helfen, Verkehrsunfälle zu verhindern oder Alarmanlagen zuverlässiger zu machen. Ein innovatives Messprinzip, von Dr. Peter Mengel und seinem Team gemeinsam mit dem Duisburger Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme entwickelt, rückt ihre kostengünstige Massenfertigung jetzt in greifbare Nähe. Ob bei Nacht oder Sonnenschein: Nur wenige Tausendstel Sekunden benötigt der neue 3D-Sensor, um bis zu 30 Meter weit entfernte Objekte – auch dann, wenn sie sich rasch bewegen – auf einen Zentimeter genau zu erfassen. Möglich wird das durch lichtempfindliche Halbleiterbauelemente (CMOS-Bildwandler) mit extrem kurzen Belichtungszeiten von wenigen Mikrosekunden sowie durch eine exakt synchron dazu gesteuerte Laserblitzbeleuchtung. Für rund 1000 Bildpunkte simultan misst der Sensor das vom betreffenden Objekt reflektierte Licht der Laserblitze. Aus den Lichtlaufzeiten errechnet der Chip ständig ein räumliches Bild. Peter Mengel erprobt derzeit mit seinem Team Einsatzmöglichkeiten des 3D-Sensors. Ein erstes serienreifes System könnte beispielsweise ein intelligenter Airbag sein, der sich beim Entfalten an der augenblicklichen Sitzposition von Fahrer und Beifahrer orientiert. ■



**Für 1000 Bildpunkte gleichzeitig kann der 3D-Sensor von Peter Mengel und seinem Team die Entfernung messen.**

### Der Wert von Patenten

**1995 startete Siemens eine Patentinitiative,** die den Fokus zunächst auf die Steigerung der Erfindungsmeldungen legte und mit dem Preis „Erfinder des Jahres“ (siehe auch Beiträge auf dieser Seite) die Wertschätzung der Innovatoren in der Firma erhöhte – mit großem Erfolg: Die Zahl der Patentanmeldungen pro Jahr konnte in dieser Zeit verdoppelt werden. Seither hat sich der Fokus etwas verschoben: Jetzt geht es mehr darum, die Qualität und den Wert der Patente noch weiter zu steigern. Ein Maß dafür ist beispielsweise der Wert, den sie in Lizenzaustauschverträgen mit anderen Unternehmen haben. Lizenzabkommen schützen vor Patentangriffen anderer Firmen; hätte man diesen Schutz nicht, gilt im Allgemeinen die Regel, dass ein gewisser Prozentsatz des Umsatzes an Lizenzkosten zu zahlen wäre. So berechnet ergibt sich eine beachtliche Rendite des geistigen Eigentums von Siemens, dessen Wert sich in den letzten Jahren ebenfalls fast verdoppelt hat.







# „Golden Nuggets in den Köpfen“

**Dr. Winfried Büttner ist Leiter von Corporate Intellectual Property and Functions.**

***Mit über 40.000 Patenten weltweit hat Siemens eine starke Stellung im Wettbewerb. Doch ist es wirklich die Menge, die entscheidet?***

**Büttner:** Ein so großes Patentportfolio bietet zunächst einmal Schutz gegenüber Wettbewerbern und hat zugleich einen hohen Wert als Tauschwährung, etwa in Lizenzaustauschverträgen oder bei Firmenkäufen oder -verkäufen. Um die Qualität unserer Patente zu steigern, ihre Nutzung zu verbessern und die Anmeldeprozesse zu optimieren, haben wir mit den Siemens-Bereichen zusammen so genannte $IP^+$ Projekte gestartet. Da wir unser gesamtes Portfolio von Patenten etwa alle fünf bis sechs Jahre erneuern, geht es also um rund 7.000 Erfindungen, die jedes Jahr neu angemeldet werden. Besonders wichtig dabei sind natürlich die „Golden Nuggets“ – wie wir die Schlüsselpatente nennen.

***Was verstehen Sie unter einem Schlüsselpatent?***

**Büttner:** Das sind Patente, die uns einen langfristigen Schutz bieten, um Schlüsseltechnologien ungehindert einsetzen zu können. Außerdem hindern sie Wettbewerber daran, in den entsprechenden Geschäftssegmenten ohne Lizenzzahlungen aktiv zu werden. Es sind also Patente, die der Wettbewerb praktisch nicht umgehen kann. Insbesondere gehören dazu die Patente, die in einen internationalen Standard aufgenommen wurden oder einen De-facto-Standard bestimmen. Auf dem Gebiet des Mobilfunks beinhaltet unser „GSM/GPRS-Portfolio“ eine Reihe derartiger Schlüsselpatente. Aber ich würde dazu auch Patente zählen, die sehr breit über Siemens hinweg einsetzbar sind.

***Wie zum Beispiel?***

**Büttner:** Etwa Patente zur Fernwartung, zum Remote Service. In ihnen wird beschrieben, wie beispielsweise ein Update von Software über Fernleitungen erfolgt oder auch die Fehlerdiagnose aus der Ferne, ohne Servicetechniker vor Ort einsetzen zu müssen. Solche Technologien sind für Kraftwerke ebenso einsetzbar wie für Industrieanlagen, die Medizin- oder die Kommunikationstechnik. Sie verbinden Kosteneinsparungen mit großem Kundennutzen und bieten somit Wettbewerbsvorteile. Andere Beispiele sind Patente zur Leittechnik, zum Netzwerkmanagement oder zu Bedienoberflächen.

***Kann man Schlüsselpatente gezielt entwickeln?***

**Büttner:** Ja, auch das ist Teil unserer $IP^+$ Initiative mit den Bereichen. So hat beispielsweise der Bereich Power Generation in einem „Invention-on-demand“-Workshop die Felder definiert, wo der Schutz gegen wichtige Wettbewerber verstärkt werden sollte. Allein aus diesem Workshop ergaben sich 200 Erfindungsmeldungen. Das ist übrigens gar nicht so schwer, wie es klingt: Oft muss man nur bekannte Technologien intelligent kombinieren, zu neuen Funktionen, an die noch niemand gedacht hat – etwa Mikropayment mit Remote Service oder gewisse Elemente aus der Welt der Sprachkommunikation ins Internet übertragen. Wir haben hier ein hohes Innovationspotenzial – Golden Nuggets in den Köpfen unserer Mitarbeiter –, das wir nur herausfordern und in die richtige Richtung lenken müssen.

***Nun kann sich aber der Wert von Patenten schnell ändern, wenn sich die Technologielandschaft wandelt ...***

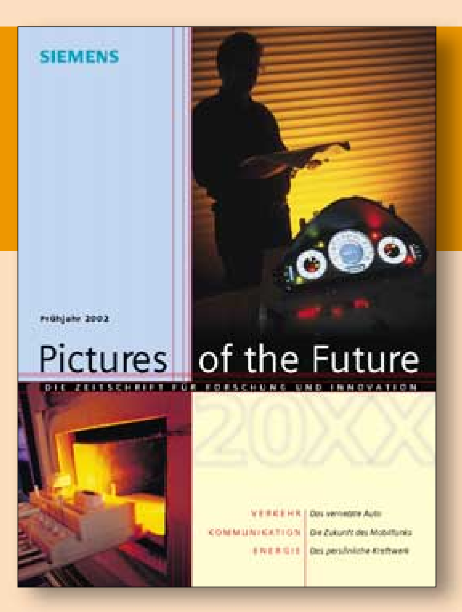
**Büttner:** Deshalb bewerten wir unsere Patente einmal im Jahr neu – im Vergleich zum Wettbewerb, zu internationalen Standardisierungsprozessen, zu Synergiemöglichkeiten sowie im Hinblick auf die Aussagen der Pictures of the Future über die Bedeutung von bestimmten Technologien für unser zukünftiges Geschäft.

***Und jedes Geschäftssegment macht seine eigene Patentstrategie?***

**Büttner:** Das ist auch notwendig – natürlich im Rahmen einer IP-Konzernstrategie, die die Spielregeln festlegt und deren Ziel es ist, die Patentposition von Siemens vor allem bei den Trendsetting-Technologien und den siemensweiten Querschnittstechnologien auszubauen. Es ist im übrigen tatsächlich so, dass eine Patentstrategie im Automobilbereich ganz anders aussehen muss als etwa in der Medizintechnik. Bei letzterer nutzen wir unsere sehr starke IP-Position vor allem, um uns gegenüber den Wettbewerbern zu behaupten. Beim Automobil ist es so, dass der Kunde – also ein Fahrzeughersteller – mit dem Produkt gleich den Wettbewerbsschutz mitkaufen will; es muss also patentiert sein. Dann gibt es die Bereiche mit großem Servicegeschäft, wo die Patente fürs Design der Prozesse oder die Gestaltung der Geschäftsmodelle wichtig sind. Insbesondere in den USA spielen Patente in den Bereichen Software, Prozesse und zunehmend auch bei Geschäftsmodellen eine wichtige Rolle. Mit dem Aufbau einer Task force für Erstanmeldungen in diesen Bereichen sichern wir unsere innovativen Ideen im US-Markt ab.

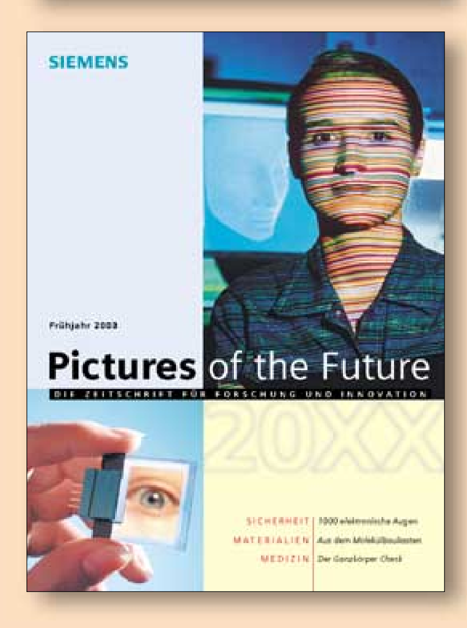
■ *Das Interview führte Ulrich Eberl.*

IP steht für Intellectual Property










# Wollen Sie mehr über Siemens und unsere neuesten Entwicklungen erfahren?

**Wir schicken Ihnen gern weiteres Informationsmaterial zu. Bitte kreuzen Sie die entsprechende Publikation und die gewünschte Sprache an und schicken Sie die Seite entweder per Fax an +49 (0)9131 7 25022, per Post an: Siemens AG, CS C INFO - Elke Engelhardt - Postfach 3240, 91050 Erlangen, Deutschland oder per E-Mail an elke.engelhardt@siemens.com. Bitte geben Sie als Betreff „Pictures of the Future, Herbst 2003" an.**

☐ **Siemens Geschäftsbericht**
☐ **Corporate Responsibility Report**
**Bisher erschienene Hefte von *Pictures of the Future:***
☐ ***Pictures of the Future*, Herbst 2001** (Deutsch, Englisch)
☐ ***Pictures of the Future*, Frühjahr 2002** (leider vergriffen)
☐ ***Pictures of the Future*, Herbst 2002** (Deutsch, Englisch)
☐ ***Pictures of the Future*, Frühjahr 2003** (Deutsch, Englisch)

**Weitere Informationen**
zu Siemens-Innovationen finden Sie auch im Internet unter:
www.siemens.de/newsdesk (wöchentlicher Medienservice)
www.siemens.de/innovationnews (internationale F&E-Ergebnisse)
www.siemens.de/pof („Pictures of the Future" im Internet)
www.forschung-innovation.de (Internet-Seiten über F&E bei Siemens)
www.ct.siemens.de (Internet-Seiten von Siemens Corporate Technology)

☐ **Ich möchte „Pictures of the Future" kostenlos kennen lernen**
☐ **Ich möchte „Pictures of the Future" abbestellen**
☐ **Meine Adresse ist nicht korrekt**
☐ **Die Zeitschrift bitte an einen weiteren Interessenten schicken (bitte jeweils ankreuzen und Anschrift eintragen):**

*Titel, Vorname, Nachname*

*Firma* *Abteilung*

*Straße, Hausnummer*

*PLZ, Stadt*

*Land*

*Telefonnummer, Fax oder E-Mail*







## STADT DER ZUKUNFT

*International ist der Drang in die Städte ungebrochen. Doch was müssen die Megacities von morgen tun, um ihren Bewohnern ein lebenswertes Leben bieten zu können? Welche Lösungen gibt es für die Verkehrsprobleme – von automatisch fahrenden Zügen übers Verkehrsmanagement bis zu intelligenten Mobilitätsdienstleistungen? Können moderne Technologien die Versorgung von Städten mit Rohstoffen und die umweltfreundliche Entsorgung der Abfälle gewährleisten? Und wie sieht das Wohnen in der Stadt von morgen aus?*

## ENDLICHE WELT

*Es ist eine banale Feststellung: Wir leben in einer endlichen Welt – in Bezug auf Rohstoffe, nutzbare Energie und die Belastungen, die unsere Umwelt verträgt. Dennoch: Wie endlich sind die Vorräte wirklich? Welche technischen Wege gibt es beispielsweise, bislang nicht zugängliche Ölsände oder Lagerstätten unter dem Meer auszubeuten? Wie lassen sich Rohstoffe und Energiequellen noch effizienter und umweltschonender nutzen sowie die Abgabe von Schadstoffen minimieren oder ganz vermeiden? Und welche Innovationen eröffnen neue Möglichkeiten, den Energie- und Rohstoffverbrauch insgesamt zu senken?*





## WISSENSGESELLSCHAFT

*Die automatische Verarbeitung von Informationen und die Generierung von Wissen gehören zu den Schlüsseltechnologien von morgen. Doch was können Verfahren des Data Minings, intelligente Suchmaschinen und Smart Filter wirklich leisten? Können Computer wie Menschen Schlüsse ziehen? Was bedeutet es, wenn das Internet zum Wissenspool der Menschheit wird? Und wie begegnen die Menschen diesen Herausforderungen: mit lebenslangem Lernen, weltweiten Communities im Netz und einer neuen Austarierung der „Work-Life-Balance"?*

**IMPRESSUM**

**Herausgeber:** Siemens AG
Corporate Communications (CC) und Corporate Technology (CT)
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München
Für den Herausgeber: Dr. Ulrich Eberl (CC), Dr. Dietmar Theis (CT)
ulrich.eberl@siemens.com, dietmar.theis@siemens.com

**Redaktion:**
Dr. Ulrich Eberl (ue) (Chefredaktion)
Arthur F. Pease (afp) (Executive Editor English Edition)
Dr. Norbert Aschenbrenner (na)
Ulrike Zechbauer (uz)

**Weitere Autoren dieser Ausgabe:**
Victor Chase, Anette Freise, Bernhard Gerl, Andreas Kleinschmidt, Dr. Michael Lang, Sebastian Moser, Bernd Müller, Dr. Birgitt Salamon, Peggy Salz, Bernd Schöne, Tim Schröder, Rolf Sterbak, Dr. Sylvia Trage, Dr. Evdoxia Tsakiridou, Guido Weber

**Bildredaktion:** Judith Egelhof, Julia Berg
**Fotografie:** Kurt Bauer, Bernd Müller, Volker Steger
**Layout / Lithographie:** Rigobert Ratschke, Büro Seufferle, Stuttgart
**Illustrationen:** Natascha Römer, Stuttgart
**Grafiken:** Jochen Haller, Büro Seufferle
**Übersetzungen:** Transform GmbH, Köln
**Druck:** BechtleDruckZentrum, Esslingen

Printed in Germany.


**Weitere Informationen:** www.siemens.de/pof

**Fotonachweis:** Frans Lanting / mindenpictures (8, 9 l.), Bernd Müller / Verlagsgruppe Weltbild (9), BMW-Pressebild (11), Garry Weber Pressebild / Siemens AG (16), SSi Schäfer Noell (22-23), Flughafen München GmbH / Werner Hennies (24), Yanghai Tsin / Carnegie Mellon University (30-31), Park Hotel Weggis (38), Bartenbach Lichtlabor / Peter Bartenbach (44, 49, 50), Knut Langhans / felix3d (52), EnOcean GmbH (54), designafairs (68 u., 69), Reflections interactive (76 u.), privat (26, 43, 76), Deutsches Museum München (79).


Bestellnummer: A19100-F-P94

ISSN 1618-548X